

**FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO**



# **Estudo da iluminação em nós rodoviários. Aplicações de eficiência energética.**

**Bruno Ricardo Costa Branco**

VERSÃO DE TRABALHO

Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Orientador: Professor Doutor António Carlos Sepúlveda Machado e Moura

Co-orientador: Engenheiro Óscar Seabra

24 de Julho de 2017



# Resumo

A gestão dos recursos energéticos assume, atualmente, uma importância primordial, tanto na vertente económica como na vertente ecológica. Todos os dias são estudadas e debatidas ideias e estratégias para melhorar a eficiência energética, com o objetivo de alcançar o melhor desempenho, com menores custos e menos impacto para o meio ambiente.

Com base no acima referido, a minha dissertação incide sobre a otimização dos recursos energéticos aplicados na iluminação de autoestradas, tendo estudado, particularmente, os casos dos Nós de Alfena e de Vila Flor.

Em ambos, foram analisados os consumos energéticos e os respetivos tarifários, tendo sido identificadas as melhores tarifas para cada situação.

No caso do Nó de Alfena, foi realizado um estudo específico com o objetivo de substituir as atuais luminárias por outras com tecnologia LED, tendo também sido avaliados os custos envolvidos e o tempo previsto para recuperar esse investimento.

Para o Nó de Vila Flor, foi analisada a possibilidade de instalação de um sistema fotovoltaico, com o objetivo de reduzir a dependência da rede elétrica e, consequentemente, a diminuição dos custos energéticos. Foram também efetuados estudos para avaliar os custos económicos desse investimento e o tempo que decorreria até à recuperação total do mesmo.

Subjacente aos casos em apreciação, foram efetuadas pesquisas a nível teórico sobre os conceitos abordados neste estudo, de forma a estarem devidamente contextualizados.

Palavras-Chave: Eficiência Energética, Iluminação Pública, EN13201, Sistema Tarifário de Eletricidade, Sistema Fotovoltaico, Luminária, VSAP, LED, UPP.



# Abstract

Nowadays, the management of energy resources has a paramount importance, both in the economic and the ecological aspects. Every day ideas and strategies to improve energy efficiency are studied and debated with the goal of achieving the best performance, with lower costs and less impact on the environment. Based on the above, my dissertation focuses on the optimization of energy resources applied to highway lighting, having studied, in particular, the cases of Alfena and Vila Flor Nodes.

In both cases, the energy consumption and the respective tariffs were analyzed, and the best tariffs were identified for each situation.

In the case of the Alfena Node, a specific study was carried out with the objective of replacing the current luminaires by others with LED technology, and the costs involved and the estimated time to achieve the breakeven point were also evaluated.

For the Vila Flor Node, the possibility of installing a photovoltaic system was analyzed in order to reduce the dependence of the electric grid and, consequently, the reduction of energy costs. Studies were also carried out to evaluate the economic costs of this investment and the time that would elapse until the total recovery of the investment.

Underlying the cases in analysis, theoretical research was carried out on the concepts addressed in this study, in order to be properly contextualized.

**Keywords:** Energy Efficiency, Public Lighting, EN13201, Electricity Tariff System, Photovoltaic System, Luminaire, HPSV, LED.



# Agradecimentos

Quero antes de mais agradecer, de uma forma muito especial todo o apoio e ensinamentos que recebi do Professor Machado e Moura. Foi um enorme privilégio e uma honra ter tido como orientador um Professor com tão elevado grau de conhecimento e de profissionalismo, mas acima de tudo um grande ser humano.

De seguida, gostaria de agradecer ao Engenheiro Fernando Ramos pela atenção que me dispensou durante os meses em que trabalhei na minha dissertação. Foi alguém que me ensinou bastante sobre esta matéria e que sempre se mostrou disponível para me auxiliar no que fosse necessário.

De igual forma, agradeço ao meu Coorientador, o Engenheiro Óscar Seabra, pelo seu esforço e dedicação, de forma a poder esclarecer qualquer dúvida que surgisse e por me providenciar todos os meios necessários para realizar esta dissertação.

Também quero agradecer, aos meus amigos e colegas, que sempre me acompanharam nesta jornada.

Por fim, gostaria de agradecer à minha família, especialmente aos meus pais e à Elsa por todo o apoio que me deram e por acreditarem em mim, mesmo nos momentos mais difíceis.

Todas estas pessoas me ensinaram muito, tanto a nível académico como a nível pessoal e sem eles, tenho a certeza, que nada disto teria sido possível.

A todos, estou eternamente grato!

Bruno Branco





*“A vitalidade é demonstrada não apenas pela persistência,  
mas pela capacidade de começar de novo.”*

F. Scott Fitzgerald



# Conteúdo

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>1</b>
1.1	Objetivos da dissertação . . . . .	3
1.2	Estrutura da Dissertação . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Conceitos Gerais</b>	<b>5</b>
2.1	Grandezas Luminotécnicas . . . . .	5
2.1.1	Luz . . . . .	5
2.1.2	Fluxo luminoso ( $\Phi$ ) . . . . .	5
2.1.3	Intensidade Luminosa (I) . . . . .	5
2.1.4	Iluminância (E) . . . . .	5
2.1.5	Luminância (L) . . . . .	6
2.1.6	Eficiência Luminosa ( $\eta$ ) . . . . .	6
2.1.7	Refletância ( $\rho$ ) . . . . .	6
2.2	Características das Lâmpadas . . . . .	7
2.2.1	Rendimento luminoso . . . . .	7
2.2.2	Temperatura de cor . . . . .	7
2.2.3	Restituição de Cores . . . . .	7
2.2.4	Duração de Vida Média . . . . .	7
<b>3</b>	<b>CrITÉrios de Projeto</b>	<b>9</b>
3.1	Classes de Iluminação . . . . .	9
3.2	Parâmetros Fotométricos Recomendados . . . . .	11
3.3	Arquitetura de Uma Instalação de IP . . . . .	14
3.4	Fatores de Manutenção para Projeto . . . . .	15
<b>4</b>	<b>Tipos de lâmpadas para iluminação em autoestradas</b>	<b>17</b>
4.1	Lâmpadas . . . . .	17
4.1.1	Lâmpadas de Descarga . . . . .	17
4.1.2	LEDs . . . . .	21
<b>5</b>	<b>Balastros</b>	<b>23</b>
5.1	Balastros Eletromagnéticos . . . . .	23
5.2	Balastros Eletrônicos . . . . .	23
5.3	Driver de LEDs . . . . .	24
<b>6</b>	<b>Sistemas de Controle e Gestão</b>	<b>27</b>
6.1	Relógio Astronómico . . . . .	28
6.2	Tecnologias de Regulação de Fluxo . . . . .	29
6.2.1	Reguladores de Fluxo de Cabeceira . . . . .	29

6.2.2	Balastros Eletrónicos Reguláveis	31
6.3	Sistemas de Telegestão	32
<b>7</b>	<b>Sistema Fotovoltaico</b>	<b>33</b>
7.1	Energia Solar	33
7.2	Energia Fotovoltaica	33
7.3	Funcionamento	34
7.4	Componentes	34
7.4.1	Bloco Gerador	35
7.4.2	Bloco de Condicionamento de Potência	36
7.4.3	Bloco de Armazenamento	37
<b>8</b>	<b>Tarifas</b>	<b>39</b>
8.1	Hen	40
8.1.1	BTN	40
8.1.2	MT	40
8.2	Galp	40
8.2.1	BTN	40
8.3	EDP	41
8.3.1	BTN	41
8.3.2	MT	41
8.4	Fenosa	43
8.4.1	BTN	43
8.4.2	MT	43
8.5	Iberdrola	44
8.5.1	BTN	44
<b>9</b>	<b>Cálculo das tarifas</b>	<b>45</b>
<b>10</b>	<b>Nó de Alfena</b>	<b>49</b>
10.1	Descrição do Caso de Estudo	49
10.2	Classificação da Plena Via e dos Ramos do Nó de Alfena	53
10.3	Evolução do Nó de Alfena	55
<b>11</b>	<b>Nó de Vila Flor</b>	<b>59</b>
11.1	Descrição do Caso de Estudo	59
11.2	Implementação do Sistema Fotovoltaico	65
11.2.1	Localização Geográfica e Inclinação dos Painéis	65
11.2.2	Escolha dos Painéis Solares	66
11.2.3	Sombreamento	67
11.2.4	Escolha do Inversor	68
11.2.5	Número Máximo e Mínimo de Painéis por <i>String</i>	69
11.2.6	Dimensionamento dos cabos e proteções	70
11.2.7	Análise Económica	83
11.2.8	Manutenção	86
<b>12</b>	<b>Conclusões e Trabalho Futuro</b>	<b>87</b>
12.1	Conclusões	87
12.2	Trabalho Futuro	88

<b>A</b>	<b>Consumos</b>	<b>89</b>
A.1	Consumos do Nó de Vila Flor . . . . .	89
A.2	Consumos do Nó de Alfena . . . . .	92
<b>B</b>	<b>Tarifários</b>	<b>97</b>
B.1	Tarifários BT . . . . .	97
B.2	Tarifários MT . . . . .	102
<b>C</b>	<b>Luminárias</b>	<b>107</b>
<b>D</b>	<b>Cálculo do Tempo de Retorno do Investimento nas Luminárias LED para o Nó de Alfena</b>	<b>121</b>
<b>E</b>	<b>Sistema Fotovoltaico</b>	<b>123</b>
E.1	Ficha Técnica do Pannel Fotovoltaico . . . . .	124
E.2	Ficha Técnica do Inversor . . . . .	125
E.3	Ficha Técnica do Fusível . . . . .	126
E.4	Ficha Técnica do Corta-Circuitos Porta Fusíveis . . . . .	127
E.5	Ficha Técnica do Interruptor DC . . . . .	128
E.6	Ficha Técnica do Interruptor Omnipolar Geral . . . . .	129
E.7	Ficha Técnica do Disjuntor AC . . . . .	130
E.8	Ficha Técnica do Interruptor Diferencial AC . . . . .	131
E.9	Preços dos Cabos . . . . .	132
	<b>Referências</b>	<b>133</b>



# Lista de Figuras

1.1	Previsões de crescimento da população mundial [1] . . . . .	1
1.2	Evolução do consumo de energia, entre 2000 e 2010, por fonte de energia Fonte: Direção-Geral de Energia e Geologia [2] . . . . .	2
1.3	Consumo de energia por setor [3] . . . . .	3
3.1	Esquematisações habituais da disposição dos postes nas vias de circulação . . .	14
3.2	Tipologias tipo de redes de IP . . . . .	14
4.1	Lâmpada de Vapor de Sódio de Alta Pressão . . . . .	18
4.2	Lâmpada de Vapor de Sódio de Baixa Pressão . . . . .	20
6.1	Variação das estações do ano no hemisfério norte . . . . .	28
6.2	Período de funcionamento de uma rede de IP no hemisfério norte . . . . .	28
6.3	Exemplo de operação de um regulador de fluxo durante o período noturno . . . .	30
7.1	Esquema do Sistema Fotovoltaico . . . . .	35
9.1	Algoritmo para cálculo das tarifas em BTN . . . . .	46
9.2	Algoritmo para cálculo das tarifas em MT . . . . .	47
10.1	Planta do Nó de Alfena . . . . .	50
10.2	Representação em DIALUX da Plena Via do Nó de Alfena . . . . .	56
10.3	Representação em DIALUX do Ramo de Saída do Nó de Alfena . . . . .	56
10.4	Resultados obtidos através do DIALUX para Plena Via do Nó de Alfena . . . . .	56
10.5	Resultados obtidos através do Dialux para um Ramo de Saída do Nó de Alfena .	57
10.6	Representação em DIALUX da Plena Via do Nó de Alfena com a luminária <i>Voltana 5</i> . . . . .	58
10.7	Representação em DIALUX do Ramo de Saída do Nó de Alfena com a luminária <i>Voltana 5</i> . . . . .	58
10.8	Resultados obtidos através do DIALUX para Plena Via do Nó de Alfena com a luminária <i>Voltana 5</i> . . . . .	58
10.9	Resultados obtidos através do DIALUX para o Ramo de Saída do Nó de Alfena com a luminária <i>Voltana 5</i> . . . . .	58
11.1	Planta do Nó de Vila Flor . . . . .	60
11.2	Nó de Vila Flor visto por satélite . . . . .	65
11.3	Representação das grandezas relevantes para o cálculo da distância mínima . . .	67
11.4	Valores gerados pelo <i>Sunny Design</i> para os cabos DC [4] . . . . .	71
11.5	Valores gerados pelo <i>Sunny Design</i> para os cabos LV1 [4] . . . . .	76
11.6	Quadro 52-C4 do RTIEBT [5] . . . . .	77

11.7	Valores gerados pelo <i>Sunny Design</i> para os cabos LV2 [4]	78
11.8	Quadro 52-C30 do RTIEBT [5]	79
11.9	Informações do Projeto	83
11.10	Rendimento Energético por Mês	84
11.11	Poupança Efetiva	86
A.1	Consumos do Nó de Vila Flor em 2016	90
A.2	Consumos do Nó de Vila Flor em 2016	91
A.3	Consumos do Nó de Alfena em 2012	92
A.4	Consumos do Nó de Alfena em 2014	93
A.5	Consumos do Nó de Alfena em 2015	94
A.6	Consumos do Nó de Alfena em 2016	95
B.1	Consumos no Nó de Vila Flor	97
B.2	Tarifário da HEN para BT	98
B.3	Tarifário da Galp para BT	98
B.4	Tarifário da EDP para BT	99
B.5	Tarifário da EDP para BT	99
B.6	Tarifário da Fenosa para BT	100
B.7	Tarifário da Fenosa para BT	100
B.8	Tarifário da Iberdrola para BT	101
B.9	Consumos no Nó de Alfena	102
B.10	Tarifário da Hen para MT	102
B.11	Tarifário da EDP para MT	103
B.12	Tarifário da EDP para MT	104
B.13	Tarifário da EDP para MT	104
B.14	Tarifário da Fenosa para MT	105
B.15	Tarifário da Fenosa para MT	105
B.16	Tarifário da Fenosa para MT	106
C.1	Ficha técnica da Exporlux Roadled 90	108
C.2	Ficha técnica da Exporlux Roadled 90	109
C.3	Ficha técnica da Exporlux Roadled 180	110
C.4	Ficha técnica da Exporlux Roadled 180	111
C.5	Ficha técnica da Exporlux Roadled 90	112
C.6	Ficha técnica da Exporlux Roadled 90	113
C.7	Ficha técnica da Exporlux Roadled 180	114
C.8	Ficha técnica da Exporlux Roadled 180	115
C.9	Ficha técnica da Schröder Piano	116
C.10	Ficha técnica da Schröder Piano	117
C.11	Ficha técnica da Schröder Teceo	118
C.12	Ficha técnica da Schröder Teceo	119
C.13	Ficha técnica da Schröder Voltana	120
D.1	Cálculo do Tempo de Retorno do Investimento nas Luminárias LED para o Nó de Alfena	122
E.1	Ficha Técnica do Painei Fotovoltaico	124
E.2	Ficha Técnica do Inversor [6]	125
E.3	Ficha Técnica do Fusível	126



E.4	Ficha Técnica do Corta-Circuitos Porta Fusíveis . . . . .	127
E.5	Ficha Técnica do Interruptor DC . . . . .	128
E.6	Ficha Técnica do Interruptor Omnipolar Geral . . . . .	129
E.7	Ficha Técnica do Disjuntor AC . . . . .	130
E.8	Ficha Técnica do Disjuntor AC . . . . .	131
E.9	Preços dos Cabos . . . . .	132



# Lista de Tabelas

2.1	Classificação da tonalidade de cor da luz emitida por uma lâmpada . . . . .	7
2.2	Classificação do índice de restituição de cores em vários grupos . . . . .	8
3.1	Requisitos fotométricos para a classe M (alta e média velocidade) . . . . .	10
3.2	Requisitos fotométricos para a classe C (zonas de conflito) . . . . .	10
3.3	Requisitos fotométricos para a classe P (zonas pedonais) . . . . .	11
3.4	Determinação dos índices das classes de iluminação M, C e P . . . . .	12
3.5	Valores de referência . . . . .	13
3.6	Valores de FMLL . . . . .	15
3.7	Valores de FSL . . . . .	16
3.8	Valores de FML . . . . .	16
4.1	Características das Lâmpadas de Vapor de Sódio de Alta Pressão [7] . . . . .	19
4.2	Lâmpadas de Vapor de Sódio de Alta Pressão [8] . . . . .	19
4.3	Características das Lâmpadas de Vapor de Sódio de Baixa Pressão [7] . . . . .	20
4.4	Lâmpadas de Vapor de Sódio de Baixa Pressão [9] . . . . .	20
4.5	Características das Lâmpadas de LEDs [10] . . . . .	22
8.1	Valores discriminados da tarifa de BTN da Hen [11] . . . . .	40
8.2	Valores discriminados da tarifa de MT da Hen [11] . . . . .	40
8.3	Valores discriminados da tarifa de BTN da Galp [12] . . . . .	40
8.4	Valores discriminados da tarifa de BTN da EDP para médias utilizações [13] . . .	41
8.5	Valores discriminados da tarifa de BTN da EDP para longas utilizações [13] . . .	41
8.6	Valores discriminados da tarifa de MT da EDP para longas utilizações [14] . . .	41
8.7	Valores discriminados da tarifa de MT da EDP para médias utilizações . . . . .	42
8.8	Valores discriminados da tarifa de MT da EDP para curtas utilizações [14] . . . .	42
8.9	Valores discriminados da tarifa de BTN da Fenosa para consumos anuais inferiores a 10 MWh/ano [15] . . . . .	43
8.10	Valores discriminados da tarifa de BTN da Fenosa para consumos anuais superiores a 10 MWh/ano [15] . . . . .	43
8.11	Valores discriminados da tarifa de MT da Fenosa para consumos anuais inferiores a 50 MWh/ano . . . . .	43
8.12	Valores discriminados da tarifa de MT da Fenosa para consumos anuais entre os 50 MWh/ano e os 350 MWh/ano . . . . .	44
8.13	Valores discriminados da tarifa de MT da Fenosa para consumos anuais superiores a 50 MWh/ano . . . . .	44
8.14	Valores discriminados da tarifa de BTN da Iberdrola [16] . . . . .	44
9.1	Valor das tarifas por mês para Baixa Tensão Normal . . . . .	48

9.2	Valor das tarifas por mês para Média Tensão . . . . .	48
10.1	Classificação das superfícies de estradas baseada em Q0 [17] . . . . .	49
10.2	características da lâmpada MASTER SON-T PIA Plus [18] . . . . .	51
10.3	características do sistema de gestão XEOLUM [19] . . . . .	52
10.4	Determinação dos índices das classes de iluminação M, C e P [20] . . . . .	53
10.5	Requisitos fotométricos para a classe M (alta e média velocidade) [20] . . . . .	54
10.6	Características das luminárias da <i>Schröder</i> consideradas para o estudo [21] [22] [23] . . . . .	57
11.1	Classificação das superfícies de estradas baseada em Q0 [17] . . . . .	59
11.2	Especificações Gerais e Fotométricas da luminária RoadLED 180 a 570 mA . . . . .	61
11.3	Especificações Gerais e Fotométricas da luminária RoadLED 90 a 570 mA [24] . . . . .	62
11.4	Especificações Gerais e Fotométricas da luminária RoadLED 180 a 700 mA . . . . .	63
11.5	Especificações Gerais e Fotométricas da luminária RoadLED 90 a 700 mA . . . . .	64
11.6	Especificações elétricas do painel solar MPRIME G Séries GENIUS 4BB 260 . . . . .	66
11.7	Características técnicas do fusível . . . . .	73
11.8	Características técnicas do corta-circuitos porta fusíveis . . . . .	73
11.9	Características técnicas do interruptor DC . . . . .	75
11.10	Características técnicas do interruptor omnipolar geral . . . . .	80
11.11	Características do disjuntor AC . . . . .	81
11.12	Características técnicas do interruptor diferencial AC . . . . .	82
11.13	Orçamento para o Projeto Fotovoltaico . . . . .	83
11.14	Retorno do Investimento . . . . .	85

# Abreviaturas e Símbolos

A	Ampere
AC	Alternating Current
BTN	Baixa Tensão Normal
DC	Direct Current
DGEG	Direção-Geral de Energia e Geologia
EDP	Energias de Portugal
ERSE	Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
FM	Fator de Manutenção
FML	Fator de Manutenção da Luminária
FMLL	Fator de Manutenção da Luminosidade da Lâmpada
FSL	Factor de Sobrevivência da Lâmpada
GEE	Gases com Efeitos de Estufa
In	Corrente Nominal
IP	Iluminação Pública
IRC	Índice de restituição de cor
Is	Corrente de serviço da canalização
Iz	Intensidade máxima admissível
LED	Light-emitting diode
MT	Média Tensão
P	Potência
QE	Quadro Elétrico
RESP	Rede Elétrica de Serviço Público
RTIEBT	Regras Técnicas de Instalações Eléctricas de Baixa Tensão
TI	Encadeamento Perturbador
UE	União Europeia
UI	Uniformidade Longitudinal
Un	Tensão Nominal
Uo	Uniformidade Global
UPP	Unidade de Pequena Produção
V	Volt
VSAP	Vapor de Sódio de Alta Pressão
VSBP	Vapor de Sódio de Baixa Pressão
W	Watt
XLPE	Polietileno Reticulável



# Capítulo 1

## Introdução

Num mundo cada vez mais industrializado e com uma população em constante crescimento (segundo projeções da ONU, reproduzidas na figura abaixo, a população mundial deverá atingir os 8,5 mil milhões já em 2030) o consumo de energia tem, obviamente, acompanhado esse crescimento. [25]

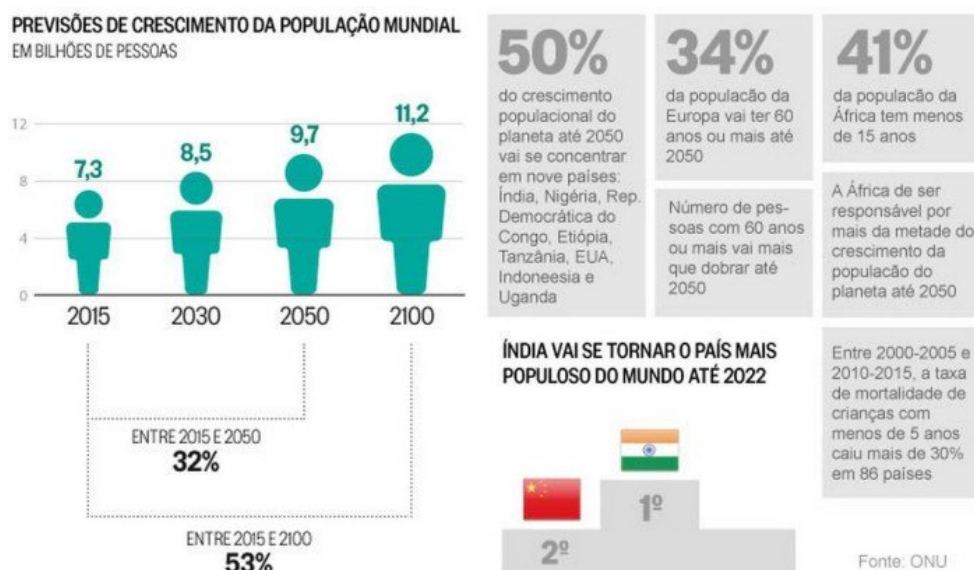


Figura 1.1: Previsões de crescimento da população mundial [1]

Como é do conhecimento geral, tão elevado consumo de energia, que ainda deriva bastante das matérias fósseis (ver fig.2), tem tido grande impacto no meio ambiente, nomeadamente no aquecimento global. Estudos científicos, devidamente fundamentados, demonstram que o planeta está a sofrer profundas transformações climáticas, com repercussões no meio ambiente que, inclusivamente, originam fenómenos meteorológicos extremos.

Tendo em conta esta realidade, os líderes mundiais despertaram para o tema e têm envidado esforços para reverter a situação e diminuir as consequências dos erros cometidos no passado.

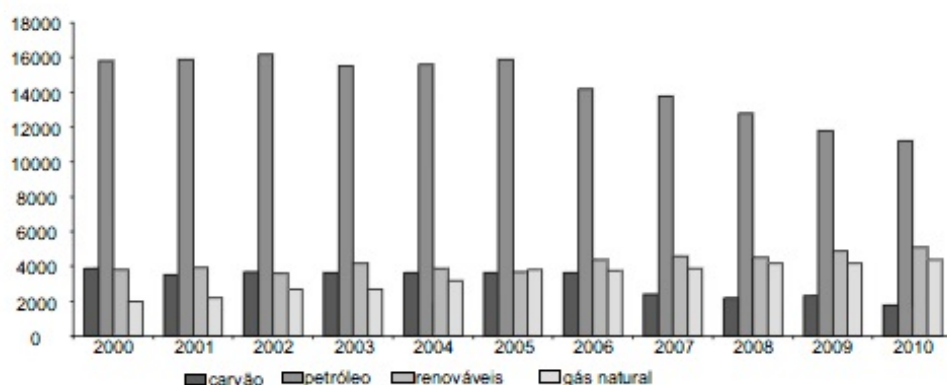


Figura 1.2: Evolução do consumo de energia, entre 2000 e 2010, por fonte de energia  
 Fonte: Direção-Geral de Energia e Geologia [2]

Assim, têm sido realizadas diversas cimeiras mundiais e tomadas medidas, das quais se destaca a aprovação feita pelo Parlamento Europeu, em 17 de Dezembro de 2008, dos acordos alcançados com o Conselho sobre o pacote legislativo clima-energia, que assenta sobre o comércio de licenças de emissão, contribuição de cada Estado-Membro para a redução das emissões, captura e armazenagem de carbono e energia proveniente de fontes renováveis, bem como sobre as propostas relativas às emissões de CO<sub>2</sub> dos automóveis e às especificações para os carburantes. Daqui, resultaram as seguintes metas: [26] [27]

- Uma redução de 20% do consumo de energia primária em 2020;
- Incorporação de 20% de energias renováveis no consumo bruto de eletricidade, em 2020, existindo ainda uma meta mínima vinculativa de 10% de incorporação de energias renováveis nos transportes;
- Uma redução de Gases com Efeito de Estufa (GEE) de 20% até 2020.

Mais recentemente, em 12 de dezembro de 2015, foi alcançado em Paris um novo acordo, que entrou em vigor a 4 de novembro de 2016, e que visa alcançar a descarbonização das economias mundiais e estabelece o objetivo de limitar o aumento da temperatura média global a níveis bem abaixo dos 2°C acima dos níveis pré-industriais e prosseguir esforços para limitar o aumento da temperatura a 1,5°C, reconhecendo que isso reduzirá significativamente os riscos e impactos das alterações climáticas.[28]

Para a prossecução destes objetivos, torna-se necessária a implementação imediata de políticas concretas que conduzam à otimização do consumo de energia e que tenha, portanto, sempre presente o conceito de eficiência energética. Entende-se por eficiência energética, a redução do consumo de energia, sem, contudo, comprometer a qualidade dos serviços e o conforto proporcionado. A eficiência energética é frequentemente associada ao termo "Utilização Racional da



Energia"(URE), que pressupõe a adoção de medidas que permitem uma melhor utilização da energia, tanto no sector doméstico, como nos sectores de serviços e indústria.[29] [30]

Na figura seguinte, é possível observar os consumos de energia, em termos percentuais, por setor de atividade.

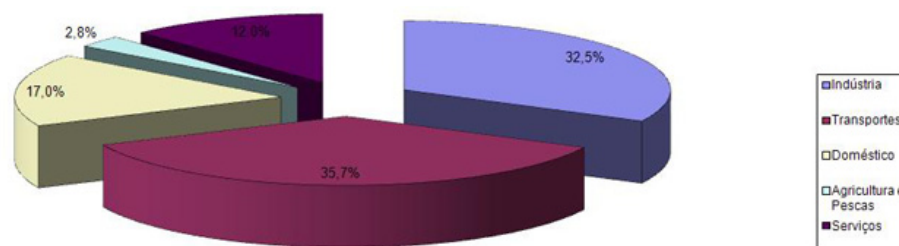


Figura 1.3: Consumo de energia por setor [3]

Do gráfico acima reproduzido, destaca-se a parte respeitante ao setor dos serviços, que representa uma boa percentagem do consumo total e onde se inclui a iluminação pública. Esta, segundo dados da Adene – agência para a energia, é responsável por 3% do consumo energético em Portugal [31]. Assim, no âmbito desta dissertação, e com base nos princípios de eficiência energética, foi elaborado um estudo para implementação de medidas de otimização na iluminação de autoestradas, especificamente, nos nós de Alfena e de Vila Flor.

## 1.1 Objetivos da dissertação

Esta dissertação tem como objetivo estudar a eficiência energética em autoestradas com o enfoque em dois casos distintos: nó de Alfena e nó de Vila Flor. Tem como finalidade encontrar as melhores condições para potenciar a eficiência energética, sem nunca esquecer o conforto e a segurança dos utilizadores. Neste pressuposto, é necessário realizar um estudo, que permita ter conhecimento dos investimentos envolvidos e do tempo necessário para abater os custos inerentes.

De uma forma mais detalhada, os objetivos desta dissertação são os seguintes:

- Caracterização do nó de Alfena e do nó de Vila Flor;
- Avaliação dos tarifários de eletricidade utilizados atualmente em ambos os nós, análise das alternativas existentes e seleção do melhor tarifário para cada um dos casos em estudo;
- Análise dos sistemas de iluminação instalados para ambos os nós;
- Determinação da classe de iluminação do nó de Alfena, segundo a norma europeia EN13201;

- Substituição das luminárias de vapor de sódio de alta pressão por luminárias LED, no caso do nó de Alfena;
- Implementação de um sistema fotovoltaico no nó de Vila Flor;
- Análise económica e determinação do período de retorno dos investimentos para os dois casos.

## 1.2 Estrutura da Dissertação

Esta dissertação é composta por 12 capítulos, sendo que o primeiro é a introdução.

Do capítulo 2 ao capítulo 7 é realizado um estudo sobre o estado da arte. Mais especificamente, o capítulo 2 aborda os conceitos gerais da luminotecnia e os conceitos relacionados com as características das lâmpadas. O capítulo 3 incide sobre os critérios de projeto desenvolvidos na norma europeia EN13201. No capítulo 4 é desenvolvido um estudo sobre os tipos de lâmpadas existentes para a IP, como são os casos das luminárias de vapor de sódio de alta pressão e das luminárias LED. No capítulo 5 é feito um estudo sobre os balastros. Já o capítulo 6 recai sobre os sistemas de controlo e gestão existentes para o caso de estudo. Por fim, no capítulo 7 é abordado alguns conceitos referentes ao sistema fotovoltaico, bem como o seu funcionamento e os componentes que o constituem.

No capítulo 8 é feito um levantamento de algumas tarifas existentes no mercado e no capítulo 9 são aplicadas essas mesmas tarifas para os nós de Alfena e Vila Flor, com o intuito de verificar quais são as tarifas mais indicadas para cada caso.

O capítulo 10 incide sobre um dos casos de estudo, nomeadamente o nó de Alfena. Inicialmente, é feita uma descrição do nó e, posteriormente, é realizado um estudo para perceber se as luminárias de vapor de sódio de alta pressão, atualmente instaladas no nó de Alfena, devem ser substituídas por luminárias LED, tendo em conta a questão económica.

No capítulo 11 é abordado o outro caso de estudo. Tal como no capítulo 10 é descrito o nó de Vila Flor. Neste caso estuda-se a possibilidade de implementar um sistema fotovoltaico, considerando, mais uma vez a questão económica.

No último capítulo, ou seja, no capítulo 12 são apresentadas as conclusões retiradas durante a conceção desta dissertação.

## Capítulo 2

# Conceitos Gerais

### 2.1 Grandezas Luminotécnicas

De forma a entender os elementos da luminotécnica, deve-se considerar algumas grandezas e conceitos essenciais: [32]

#### 2.1.1 Luz

É a parte do espectro magnético que é visível ao olho humano, isto é, a radiação capaz de nos produzir sensação visual. Sua cor depende do comprimento de onda da radiação.

#### 2.1.2 Fluxo luminoso ( $\Phi$ )

É a grandeza característica de um fluxo energético, exprimindo a sua aptidão de produzir uma sensação luminosa no ser humano através do estímulo da retina ocular. De uma forma mais técnica, pode ser compreendido como a quantidade total de luz emitida por segundo por uma fonte luminosa. É exprimido em Lúmen (lm), que é definido como o fluxo luminoso emitido no interior de um ângulo sólido de 1 esferorradiano por uma fonte puntiforme de intensidade invariável e igual a 1cd, em todas as direções.

#### 2.1.3 Intensidade Luminosa (I)

Dita como se distribui, em todas as direções, a energia irradiada. Dessa forma, duas fontes luminosas podem ter a mesma potência e, todavia, uma delas, numa dada direção, emitir muito mais energia que a outra. É exprimida em Candela (cd). 1 cd é a intensidade luminosa, na direção perpendicular a uma superfície plana de área igual a  $1/600000 \text{ m}^2$ , de um corpo negro, à temperatura de solidificação da platina, sobre pressão de  $101325 \text{ N/m}^2$  (1atm).

#### 2.1.4 Iluminância (E)

É o fluxo luminoso incidente por unidade de área iluminada.

$$E = \frac{\varphi}{S}$$

em que  $\varphi$  é o fluxo luminoso e  $S$  é a área do recinto.

É expressa em Lux (lx), em que lx é definido como sendo a iluminância de uma superfície plana, de área igual a 1 m<sup>2</sup>, que recebe na direção perpendicular, um fluxo luminoso igual a 1 lm, uniformemente distribuído.

O iluminamento de ambientes de trabalho costuma ser definido em termos de iluminância média no plano de trabalho ( $E_m$ ), sendo este um plano horizontal acima do piso, com uma altura entre 0,75 m a 1 m, cobrindo a área total.

### 2.1.5 Luminância (L)

É a medida de sensação de claridade provocada por uma fonte de luz ou superfície iluminada e avaliada pelo cérebro. A luminância está dependente do nível de iluminamento e das características de reflexão das superfícies. De igual forma, é possível definir a luminância como sendo a intensidade luminosa emanada de uma superfície, pela sua superfície aparente.

$$L = \frac{I}{A \cdot \cos \alpha}$$

ou

$$L = \frac{\rho \cdot E}{\pi}$$

em que  $L$  é a luminância,  $A$  é a área projetada,  $I$  é a intensidade luminosa,  $\alpha$  é o ângulo em graus,  $\rho$  é o coeficiente de reflexão e  $E$  é a iluminância sobre a superfície.

Dada a dificuldade em determinar a intensidade luminosa proveniente de um corpo não radiante é, por norma, mais utilizada a segunda fórmula, sendo expressa em cd/m<sup>2</sup>.

### 2.1.6 Eficiência Luminosa ( $\eta$ )

É a relação entre o fluxo luminoso e a potência consumida.

$$\eta = \frac{\varphi}{P}$$

em que  $\varphi$  é o fluxo luminoso e  $P$  é a potência consumida. É expressa em lm/W.

### 2.1.7 Refletância ( $\rho$ )

É a relação entre o fluxo luminoso incidente sobre a superfície e o fluxo luminoso refletido.

$$\rho = \frac{\varphi_{\text{refletido}}}{\varphi_{\text{incidente}}}$$

em que  $\varphi$  é o fluxo luminoso. A refletância, por norma, é apresentada em percentagem.

## 2.2 Características das Lâmpadas

Para fazer um estudo sobre as fontes luminosas presentes atualmente no mercado, deve-se conhecer previamente as suas principais características. Assim, a nível luminotécnico devemos ter em conta o rendimento luminoso, a temperatura de cor, a restituição de cores, a luminância e a duração de vida média. [33]

### 2.2.1 Rendimento luminoso

Indica o quociente entre o fluxo luminoso emitido pela lâmpada e a potência elétrica absorvida. É exprimido em Lúmen/Watt (lm/W). O rendimento luminoso pode variar entre os 8 lm/W, no caso de algumas lâmpadas de incandescência e cerca dos 200 lm/W, no caso das lâmpadas de descarga de vapor de sódio de baixa pressão.

### 2.2.2 Temperatura de cor

Indica a cor aparente da luz emitida. É exprimida em °K (graus Kelvin). Quando se aumenta a temperatura de cor, a cor da luz emitida passa de uma tonalidade quente (avermelhado) a uma tonalidade mais fria (azulado). De seguida é apresentada uma tabela com a classificação da tonalidade de cor da luz emitida por uma lâmpada:

Temperatura de Cor (K)	Classificação	Sigla	Tonalidade de Cor Emitida
Inferior a 3300K	Quente	W	Branco quente
Entre 3300K e 5300K	Intermédia	I	Branco neutro
Superior a 5300K	Fria	C	Branco frio

Tabela 2.1: Classificação da tonalidade de cor da luz emitida por uma lâmpada

### 2.2.3 Restituição de Cores

Indica a capacidade de uma fonte luminosa restituir de forma fiel as cores de um objeto ou de uma superfície iluminada. É exprimida por um índice denominado "Índice de Restituição Cromática (IRC)". Este índice está compreendido entre 0 e 100, sendo que a máxima fidelidade de restituição de cores do objeto iluminado é, por definição, indicada por 100. De seguida é apresentada uma tabela com a classificação do índice de restituição de cores em vários grupos:

### 2.2.4 Duração de Vida Média

Esta característica é indicada pelo fabricante e dita o número de horas após as quais 50% de um lote considerável de lâmpadas acesas deixa de emitir fluxo luminoso. A duração de vida média das lâmpadas varia consoante o tipo de lâmpada. Enquanto que no caso das lâmpadas de

Classe	Índice de Restituição de Cores (IRC)
<b>1A</b>	IRC90
<b>1B</b>	80IRC<90
<b>2</b>	60IRC<80
<b>3</b>	40IRC<60
<b>4</b>	IRC40

Tabela 2.2: Classificação do índice de restituição de cores em vários grupos

incandescência é por volta das 1000 horas, no caso das lâmpadas de indução é cerca de 60000 horas e, em relação aos LED, de luz branca, é possível atingir uma duração de vida média de cerca de 100000 horas.

## Capítulo 3

# Critérios de Projeto

A série de normas EN 13201 ditam as definições mais aceites ao nível de classes de iluminação, critérios de desempenho e métodos de medição. Contudo, a norma CIE 115-2010, determinou as recomendações relativas aos critérios de qualidade, classes de iluminação, requisitos para tráfego motorizado, regulação de fluxo para todas as categorias de estradas e zonas a iluminar. [20]

### 3.1 Classes de Iluminação

As classes de iluminação são definidas por um conjunto de requisitos fotométricos, que indicam as necessidades de visibilidade dos utilizadores dos diversos tipos de ruas, estradas e zonas frequentadas. Dado que a tarefa de visionamento e as necessidades dos peões são muito diferentes das necessidades dos condutores em vários aspetos como a velocidade do movimento, proximidade dos objetos, padrão da superfície, reconhecimento facial, os padrões utilizados, como por exemplo a luminância e a iluminância, têm de ser diferentes para caracterizar as condições mínimas de iluminação de uma dada classe.

A série de normas EN 13201 criou as classes de iluminação com o objetivo de simplificar e desenvolver os serviços de IP da UE, fazendo com que haja uniformização e harmonização dos requisitos. Assim sendo, as classes de iluminação podem ser divididas em:

- M - Destina-se a zonas de circulação de veículos motorizados (estradas de alta e média velocidade);
- C - Zonas de conflito, isto é, quando as faixas dos veículos se interseam ou desembocam em zonas frequentadas por pedestres, ciclistas e etc. As rotundas, cruzamentos, estradas de ligação com largura e número de faixas reduzidas e zonas de centros comerciais são exemplos destas zonas.
- P - Destina-se às zonas exclusivamente pedonais. É definida por parâmetros de iluminância horizontal.
- ES - Para zonas pedonais, onde o risco de criminalidade é maior. É definida por parâmetros de iluminância semicilíndrica.

- EV - Para zonas onde o reconhecimento facial e de superfícies verticais é essencial. É definida por parâmetros de iluminância vertical.

A cada classe definida anteriormente estão associados diversos índices, que definem as suas subclasses. Deste modo, é possível caracterizar melhor a situação e definir, de forma otimizada, os valores dos seus parâmetros luminotécnicos. De seguida são apresentadas tabelas com as subclasses de cada classe.

Classe de Iluminação	Superfície da Estrada				TI (%) SR	
	Seca			Molhada		
	Lmédia (cd/m <sup>2</sup> )	Uo	UI	Uo		
<b>M1</b>	2	0,4	0,7	0,15	10	0,5
<b>M2</b>	1,5	0,4	0,7	0,15	10	0,5
<b>M3</b>	1	0,4	0,6	0,15	15	0,5
<b>M4</b>	0,75	0,4	0,6	0,15	15	0,5
<b>M5</b>	0,5	0,35	0,4	0,15	15	0,5
<b>M6</b>	0,3	0,35	0,4	0,15	20	0,5

Tabela 3.1: Requisitos fotométricos para a classe M (alta e média velocidade)

Classe de Iluminação	Emédia (lux)	Uo (E)	TI (%)	
			Velocidades altas e moderadas	Velocidades baixas e muito baixas
<b>C0</b>	50	0,4	10	15
<b>C1</b>	30	0,4	10	15
<b>C2</b>	20	0,4	10	15
<b>C3</b>	15	0,4	15	20
<b>C4</b>	10	0,4	15	20
<b>C5</b>	7,5	0,4	15	25

Tabela 3.2: Requisitos fotométricos para a classe C (zonas de conflito)



Classe de Iluminação	Emédia (lux)	Emínima (lux)	Requisitos adicionais para reconhecimento facial seja necessário	
			Evertival, mínima (lux)	Esemicilíndrica, mínima (lux)
<b>P1</b>	15	3	5	3
<b>P2</b>	10	2	3	2
<b>P3</b>	7,5	1,5	2,5	1,5
<b>P4</b>	5	1	1,5	1
<b>P5</b>	3	0,6	1	0,6
<b>P6</b>	2	0,4	0,6	0,4

Tabela 3.3: Requisitos fotométricos para a classe P (zonas pedonais)

## 3.2 Parâmetros Fotométricos Recomendados

Para fazer a seleção dos parâmetros de iluminação de uma instalação de IP existem soluções simples e normalizadas, atendendo às características da área a iluminar, como: função e geometria da estrada, velocidade permitida e composição e volume do tráfego. Os parâmetros são determinados pelo critério da luminância ou da iluminância.

As zonas de velocidade média e alta são definidas pelo critério da luminância, enquanto que as zonas de conflito e as zonas pedonais tanto podem ser definidas pelo critério da luminância, como pelo critério da iluminância.

O critério da luminância deve ser utilizado, quando a complexidade do traçado e a diversidade das superfícies são baixas, o que acontece por norma fora das zonas urbanas. Por isso, as zonas a iluminar deverão ter, pelo menos, o mesmo nível de iluminação das estradas que lhes dão acesso. O ideal é que a classe de iluminação tenha um índice abaixo da classe de iluminação da estrada adjacente. Também é necessário calcular o nível do encadeamento perturbador (TI).

Quando a complexidade do traçado e a diversidade das superfícies numa determinada zona não permitem um cálculo fiável das luminâncias, deve ser utilizado o critério da iluminância.

De seguida é apresentada uma tabela com os fatores de peso que caracterizam o local público a iluminar.

Fatores de peso que caracterizam o local público a iluminar				
Parâmetro	Opções	M	C	P
Velocidade	Muito alta	1	3	-
	Alta	0,5	2	-
	Moderada	0	1	-
	Baixa	-	0	1
	Muito baixa	-	-	0
Volume de Tráfego	Muito elevado	1		
	Elevado	0,5		
	Moderado	0		
	Baixo	-0,5		
	Muito baixo	-1		
Composição do Trânsito	Elevada percentagem de não motorizados	2	-	
	Misturado	1	-	
	Apenas motorizado	0	-	
	Pedestres, ciclistas e tráfego motorizado	-	2	
	Pedestres e tráfego motorizado	-	1	
	Pedestres e ciclistas	-	1	
	Pedestres ou ciclistas	-	0	
Separação das faixas	Não	1	-	
	Sim	0	-	
Densidade dos cruzamentos	Alta	1	-	
	Moderada	0	-	
Veículos estacionados	Presente	0,5	-	0,5
	Não presente	0	-	0
Luminância ambiente	Alta	1		
	Moderada	0		
	Baixa	-1		
Controlo do trânsito	Fraco	0,5	-	
	Bom	0	-	

Tabela 3.4: Determinação dos índices das classes de iluminação M, C e P

Para a escolha dos pesos na tabela anterior, devem ser considerados os valores de referência demonstrados na tabela seguinte:

Valores de referência		
<b>Velocidade</b>	Muito alta ( $x > 70$ )	
	Alta ( $x \leq 70$ )	
	Moderada ( $20 \leq x \leq 50$ )	
	Baixa ( $x \leq 20$ )	
	Muito Baixa (Apenas pedestres)	
<b>Volume de tráfego</b>	<b>Veículos (x) por dia</b>	Muito elevado ( $x \geq 40000$ )
		Elevado ( $25000 \leq x \leq 40000$ )
		Moderado ( $15000 \leq x \leq 25000$ )
		Baixo ( $4000 \leq x \leq 15000$ )
		Muito baixo ( $x < 4000$ )
	<b>Pedestres/Ciclistas (y) por dia</b>	Muito elevado ( $y \geq 2000$ )
		Elevado ( $1000 \leq y \leq 2000$ )
		Moderado ( $500 \leq y \leq 1000$ )
		Baixo ( $100 \leq y \leq 500$ )
		Muito baixo ( $y < 100$ )
<b>Luminância ambiente</b>	Alta (Centros Urbanos com grande quantidade de iluminação decorativa, montras e outros)	
	Moderada (Zonas com contribuição residencial, de iluminação sinaléticas e spots publicitários)	
	Baixa (Zonas Rurais, nomeadamente zonas onde a IP seja a única fonte de iluminação)	
<b>Densidade dos cruzamentos</b>	Alta (Cruzamento - interseção de duas ou mais vias)	
	Moderada (Entroncamento - interseção de apenas uma via)	
<b>Controlo do trânsito</b>	Fraco (Sem semáforos)	
	Bom (Semáforos - sem controlo/sensores)	

Tabela 3.5: Valores de referência

### 3.3 Arquitetura de Uma Instalação de IP

A complexidade de uma instalação de IP é enorme, dado que tem de conjugar um conjunto de requisitos fotométricos (valores mínimos e distribuição luminosa) com as diferentes disposições dos postes e ângulos das luminárias possíveis. As arquiteturas de disposição de postes/colunas na IP mais usuais são demonstradas de seguida:

Disposição	Descrição (Comentários)
<b>Unilateral</b>	Aconselhável na situação em que a largura da via ( $l$ ) $\leq$ $alturadaluminria(h)$
<b>Quincôncio/Alternada</b>	Aconselhável na situação em que $l \geq (1a1,5)h$
<b>Bilateral</b>	Aconselhável na situação em que $l \geq 1,5h$
<b>Bilateral com faixa central</b>	Aconselhável na situação em que $l \geq 1,5h$
<b>Axial</b>	Colunas localizadas na faixa central. Aconselhável para as situações em que $l \geq 2,5h$
<b>Curvas</b>	Em curvas, e, se a largura da estrada é menor que $1,5h$ , as luminárias serão instaladas na parte exterior da curva, colocando uma luminária no prolongamento dos eixos de circulação
<b>Cruzamento</b>	Disposições aconselháveis em cruzamentos
<b>Cruzamento</b>	Disposição aconselhável em cruzamentos entre vias iluminadas e com a mesma classe
<b>Cruzamento</b>	Disposição aconselhável em cruzamentos entre vias iluminadas e de importâncias diferentes
<b>Entroncamento</b>	Disposição mais aconselhável
<b>Rotunda 1</b>	Aconselha-se a disposição das colunas nas margens da rotunda, quando existe arvoredo, arbustos ou canteiros de flores. O diâmetro da rotunda ultrapassa os 18 metros.
<b>Rotunda 2</b>	Aconselha-se a disposição de uma coluna no meio da rotunda com braços triplos ou quádruplos, quando não existe arvoredo. O diâmetro da rotunda não ultrapassa os 18 metros.
<b>Cruzamento com ilhéus</b>	Cruzamento com ilhéus direcionais entre uma via principal com luminárias indicadas a cheio e de maior potência que as da via secundária

Figura 3.1: Esquematizações habituais da disposição dos postes nas vias de circulação

De seguida é apresentada uma tabela com os valores mais usados nos projetos de IP, estando enquadrados com os limites estipulados pela UE:

Espaçamento	Altura útil	
	Rede aérea BT	Rede subterrânea
<b>40 metros</b>	8 m	12 m
<b>35 metros</b>	8/7 m	10 m
<b>25 metros</b>	6 m	8 m
<b>18 metros</b>	-	4 m

Figura 3.2: Tipologias tipo de redes de IP

### 3.4 Fatores de Manutenção para Projeto

O nível de iluminação de uma rede de IP é afetado por diversos fatores de depreciação. No cálculo dos parâmetros de iluminação de qualquer projeto de IP é necessário ter em conta um fator de manutenção que considere a degradação das condições iniciais do sistema no decorrer do tempo. Recorrendo ao cálculo do fator de manutenção e atendendo à calendarização da manutenção proposta, é possível prever a variação dos níveis de iluminância/luminância no decorrer o tempo. Assim sendo, o fator de manutenção pode ser determinado recorrendo aos seis passos seguintes:

1. Selecionar a fonte de luz e luminária a aplicar;
2. Determinar o intervalo de substituições em grupo das fontes de luz, tendo em conta o seu uso durante o ano;
3. Obter o FMLL;
4. Obter o FSL;
5. Avaliar as luminárias selecionadas quanto ao índice de proteção, categoria da poluição ambiente e intervalo de limpeza, obtendo o FML;
6. Determinar o fator de manutenção obtendo o produto dos fatores FMLL, FSL e FML:

$$FM = FMLL \times FSL \times FML$$

O fluxo luminoso diminui no decorrer do tempo, uma vez que a taxa exata estará dependente do tipo de fonte de luz e do balastro. A tabela seguinte mostra os fatores de manutenção do fluxo luminoso das fontes luminosas de Vapor de Sódio de Alta Pressão e LED. Algo a ter em conta e que é essencial é conhecer os dados atualizados dos fabricantes de equipamentos de IP para ser possível estimar o FMLL e o programa de manutenção a aplicar.

Fonte luminosa	Nº de horas de funcionamento (mil horas)				
	4	6	8	10	12
Vapor de Sódio de Alta Pressão	0,98	0,97	0,94	0,91	0,90
LED	-	-	-	-	0,95

Tabela 3.6: Valores de FMLL

A taxa de sobrevivência depende do tipo de fonte de luz, potência, frequência de comutação e do balastro/driver. A tabela seguinte mostra a probabilidade das fontes de luz de Vapor de Sódio de Alta Pressão e LED continuarem a operar durante um determinado período de tempo.

Fonte luminosa	Nº de horas de funcionamento (mil horas)				
	4	6	8	10	12
<b>Vapor de Sódio de Alta Pressão</b>	0,98	0,96	0,94	0,92	0,89
<b>LED</b>	-	-	-	-	0,95

Tabela 3.7: Valores de FSL

Ao analisar a depreciação de um sistema é essencial ser capaz de reconhecer o tipo e a quantidade de sujidade existente no ar, de forma a avaliar convenientemente qual a luminária a usar, assim como os requisitos de limpeza. A perda de intensidade luminosa está relacionada à natureza e densidade dos detritos, design da luminária, tipo de fonte de luz, materiais utilizados na luminária, índices de proteção e sistema de auto-limpeza da luminária.

O tipo de poluição do meio ambiente pode ser dividido em duas categorias:

- Alta - fumos e poeiras gerados por atividades relativamente próximas, envolvendo as luminárias;
- Baixa - nível de contaminação ambiente baixo, não havendo fumo ou poeiras gerados nas proximidades. Podem ser verificados em áreas residenciais ou áreas rurais com tráfego ligeiro. Apresenta um nível de partículas no meio inferior ou igual a  $150\mu g/m^3$ .

De seguida é apresentada uma tabela, que mostra os valores do FML, atendendo ao tempo de exposição da luminária nas condições de poluição descritas e o tipo de luminária.

Tipo de luminária	Nível de Poluição	Tempo de operação (mil horas)		
		4	8	12
<b>IP 55 (Difusor de Plástico)</b>	<b>Alto</b>	0,87	0,71	0,61
	<b>Baixo</b>	0,92	0,80	0,71
<b>IP 65 (Difusor de Plástico)</b>	<b>Alto</b>	0,89	0,76	0,66
	<b>Baixo</b>	0,95	0,84	0,76
<b>IP 65 (Difusor de Vidro)</b>	<b>Alto</b>	0,94	0,84	0,76
	<b>Baixo</b>	0,97	0,90	0,82
<b>IP 66 (Difusor de Plástico)</b>	<b>Alto</b>	-	0,81	0,74
	<b>Baixo</b>	0,95	0,87	0,81
<b>IP 66 (Difusor de Vidro)</b>	<b>Alto</b>	-	0,88	0,83
	<b>Baixo</b>	0,97	0,93	0,88

Tabela 3.8: Valores de FML

## Capítulo 4

# Tipos de lâmpadas para iluminação em autoestradas

### 4.1 Lâmpadas

As lâmpadas podem ser categorizadas segundo o seu método de emissão de luz, sendo divididas entre incandescentes, de descarga e LED'S.

#### 4.1.1 Lâmpadas de Descarga

Nas lâmpadas de descarga, o fluxo luminoso é gerado diretamente pela passagem da corrente elétrica através de um gás, mistura de gases ou vapores, ou indiretamente através da combinação com a luminescência de fósforos, sendo estes excitados pela radiação da descarga.

Os gases utilizados podem ser: sódio, mercúrio ou xénon, dependendo do tipo de lâmpada de descarga.

Por norma, este tipo de lâmpadas requiere dispositivos externos para proceder à sua ignição e também operação. As lâmpadas de descarga necessitam entre dois a quinze minutos para acender completamente.

Estas lâmpadas possuem um consumo baixo de energia e uma vida útil alta.

Para este tipo de lâmpadas existem quatro modelos, sendo estes: vapor de sódio, vapor de mercúrio, multivapores metálicos e lâmpadas mistas. [32]

##### 4.1.1.1 Lâmpadas de Vapor de Sódio

Este tipo de lâmpadas pode ser de dois tipos: lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão e lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão. [33]

##### a) Lâmpadas de Vapor de Sódio de Alta Pressão

O tubo de descarga numa lâmpada de vapor de sódio de alta pressão possui sódio em excesso para haver condições de saturação do vapor durante o funcionamento da lâmpada. De igual forma,

também existe excesso de mercúrio, que serve como gás de proteção. No tubo de descarga é possível ainda encontrar xénon, sob baixa pressão, para auxiliar no arranque e limitar a condução do arco de descarga para a parede do tubo.

O tubo de descarga é feito de óxido de alumínio sintetizado, tendo como objetivo resistir à elevada atividade química do vapor de sódio e temperatura, dado que a sua temperatura de funcionamento é de  $700^{\circ}\text{C}$ . É ainda colocado a vácuo num invólucro de vidro duro.

Este tipo de lâmpada emite energia sobre uma boa parte do espectro visível.

Em comparação com as lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão, a restituição de cores destas lâmpadas é superior.

As lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão estão disponíveis com rendimentos luminosos até cerca de  $120\text{ lm/W}$  com uma temperatura de cor entre  $1900$  até  $2500^{\circ}\text{K}$ . Neste tipo de lâmpadas, metade da potência é convertida em radiação. Em relação à energia da radiação visível obtida é cerca de 30%. Essa radiação apresenta uma cor amarelo-alaranjada, que lhe é característica e por isso a torna mais sensível à nossa visão.

Em relação ao preço, este é um pouco elevado, quando comparado por exemplo, com as lâmpadas de vapor de mercúrio, no entanto o seu alto rendimento faz com que seja mais utilizada em diversas situações.



Figura 4.1: Lâmpada de Vapor de Sódio de Alta Pressão



<b>Características das Lâmpadas de Vapor de Sódio de Alta Pressão</b>	
<b>Rendimento Luminoso</b>	De 65 a 130lm/W
<b>Temperatura de Cor</b>	De 1900 a 2500°K
<b>Índice de Restituição Cromática</b>	De 25 a 80
<b>Duração de Vida Média</b>	De 8000 a 12000h
<b>Tempo de Arranque</b>	Aproximadamente 5 minutos
<b>Luminância</b>	De 25 a 500cd/cm <sup>2</sup>
<b>Equipamento Auxiliar</b>	Ignitor, balastro e condensador
<b>Posição de Funcionamento</b>	Qualquer

Tabela 4.1: Características das Lâmpadas de Vapor de Sódio de Alta Pressão [7]

<b>Lâmpadas de Vapor de Sódio de Alta Pressão</b>						
<b>Potência da Lâmpada (W)</b>	<b>Tensão da Lâmpada (V)</b>	<b>Corrente da Lâmpada (A)</b>	<b>Corrente de Arranque (A)</b>	<b>Fluxo Luminoso (lm)</b>	<b>Casquilho</b>	<b>Tempo de Arranque (min)</b>
250	100	3	4,2	25000	E40	4
400	105	4,4	6,3	47000	E40	4

Tabela 4.2: Lâmpadas de Vapor de Sódio de Alta Pressão [8]

### b) Lâmpadas de Vapor de Sódio de Baixa Pressão

Tal como para as lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão, é utilizado o vapor de sódio.

Para realizar o arranque das lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão é necessário um gás inerte para ajudar no processo, pois o estado sólido do sódio não produz vapor metálico à temperatura ambiente. Apenas quando a descarga no gás inerte produz calor suficiente para vaporizar o sódio é que se inicia a descarga. Este tipo de lâmpadas requerem uma tensão de arranque elevada e também um tempo de arranque relativamente longo antes de atingir o rendimento máximo.

De modo a assegurar uma temperatura de funcionamento suficientemente elevada, o tubo de descarga é, por norma, constituído por um invólucro de vidro dentro da ampola da lâmpada, que é desenhada para refletir a radiação infravermelha. Outra característica a ter em conta é o facto de o vapor de sódio produzir luz diretamente não necessitando de substâncias fluorescentes.

Devido ao alto rendimento luminoso das lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão, o tamanho é relativamente pequeno. Como a principal característica destas lâmpadas é o seu elevado rendimento luminoso e como a sua duração de vida é bastante longa faz com que seja a fonte de luz mais eficiente e económica.

Para o arranque deste tipo de lâmpadas é necessária uma combinação de balastro e um sistema de ignição, porém habitualmente é usado um transformador como dispositivo de arranque e de estabilização da descarga.

As lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão produzem somente luz em duas linhas espectrais muito próximas. Essa luz emitida é monocromática amarela. Devido ao seu carácter monocromático é assegurado uma acuidade visual elevada.

A grande desvantagem deste tipo de lâmpadas é a sua restituição de cores, pois é extremamente baixa, sendo mesmo praticamente nula.

Quanto ao seu tempo de arranque, é necessário entre 7 a 15 minutos e de um pequeno tempo de arrefecimento antes de um re-arranque. [33]

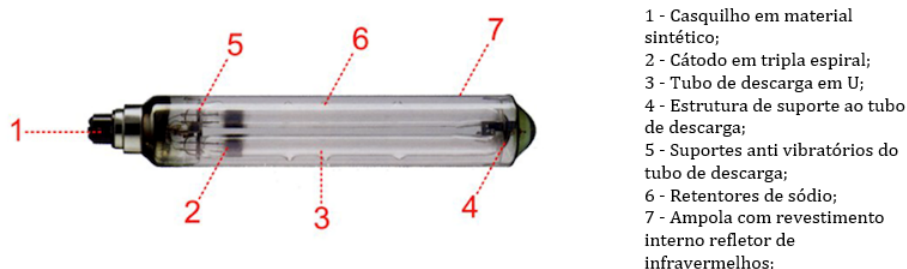


Figura 4.2: Lâmpada de Vapor de Sódio de Baixa Pressão

Características das Lâmpadas de Vapor de Sódio de Baixa Pressão	
<b>Rendimento Luminoso</b>	De 98 a 200lm/W
<b>Temperatura de Cor</b>	Aproximadamente 1700°K
<b>Índice de Restituição Cromática</b>	0
<b>Duração de Vida Média</b>	12000h
<b>Tempo de Arranque</b>	Aproximadamente 10 minutos
<b>Luminância</b>	6cd/cm <sup>2</sup>
<b>Equipamento Auxiliar</b>	Ignitor e balastro
<b>Posição de Funcionamento</b>	Qualquer

Tabela 4.3: Características das Lâmpadas de Vapor de Sódio de Baixa Pressão [7]

Lâmpadas de Vapor de Sódio de Baixa Pressão							
Potência da Lâmpada (W)	Tensão de Arranque (V)	Tensão da Lâmpada (V)	Corrente da Lâmpada (A)	Fluxo Luminoso (lm)	Luminância Média (cd/m <sup>2</sup> )	Casquilho	Tempo de Arranque (min)
35	390	70	0,60	4800	10	B-22	7
55	410	105	0,59	8000	10	B-22	7
90	420	115	0,94	13500	10	B-22	9
135	575	160	0,95	22500	10	B-22	10
180	575	245	0,91	33000	10	B-22	12

Tabela 4.4: Lâmpadas de Vapor de Sódio de Baixa Pressão [9]

### 4.1.2 LEDs

O LED é um díodo semicondutor, que ao ser energizado emite luz visível. Este processo de emissão de luz pela aplicação de uma fonte elétrica de energia denomina-se de eletroluminescência.

Em qualquer ligação P-N polarizada diretamente ocorrem recombinações de lacunas e elétrons na estrutura. Essa recombinação faz com que a energia possuída por esse elétron, que até esse momento era livre, seja libertada, ocorrendo na forma de calor ou em fótons de luz. Dado que a recombinação ocorre mais facilmente ao nível de energia mais próximo da banda de condução, é possível escolher adequadamente as impurezas para a produção dos LEDs, de modo a exibirem bandas adequadas para a emissão da cor de luz desejada. [34]

As principais vantagens dos LEDs comparativamente com as restantes fontes de luz são:

- Maior vida útil (entre 30000 a 60000 horas) e consequentemente baixa manutenção;
- Baixo consumo quando comparadas às lâmpadas de incandescência e uma eficiência energética em torno de 50 lm/W;
- Não emitem luz ultravioleta, sendo por isso ideais para aplicações onde este tipo de radiação é indesejada, como por exemplo, galerias de arte;
- Não emitem radiação infravermelha e por isso, o feixe luminoso é frio;
- Resistência a impactos e vibrações. Utiliza tecnologia de estado sólido, portanto sem filamentos e sem vidro, aumentando a robustez;
- Maior segurança, dado que operam em baixa tensão (abaixo de 33V).

No entanto, os LEDs também possuem desvantagens, sendo elas:

- Custo de aquisição elevado, caso a aplicação seja desadequada;
- O índice de restituição de cor (IRC) pode não ser o mais adequado;
- Necessidade de dispositivos de dissipação de calor, nos LEDs de alta potência (a quantidade de luz emitida pelo LED diminui com o aumento da temperatura);
- Necessidade de uma fonte de alimentação ou interface (transformador ou um "driver") para converter as características de alimentação de uma tomada comum para um padrão adequado ao funcionamento do LED.

<b>Características das Lâmpadas de LEDs</b>	
<b>Rendimento Luminoso</b>	De 60 a 100lm/W
<b>Temperatura de Cor</b>	De 3000 a 6000°K
<b>Índice de Restituição Cromática</b>	Superior a 75
<b>Duração de Vida Média</b>	De 30000 a 60000h
<b>Tempo de Arranque</b>	Praticamente instantâneo
<b>Luminância</b>	-
<b>Equipamento Auxiliar</b>	Fonte de alimentação DC
<b>Posição de Funcionamento</b>	Qualquer

Tabela 4.5: Características das Lâmpadas de LEDs [10]

## Capítulo 5

# Balastros

Os balastros têm como função: pré-aquecer os eletrodos para provocar a emissão de elétrons, produzir a tensão de arranque para iniciar a descarga e limitar a corrente de funcionamento a um valor correto. [35]

### 5.1 Balastros Eletromagnéticos

Dentro dos balastros magnéticos existem diversos tipos, sendo os mais usuais para operar com arrancadores. Os menos comuns são utilizados com lâmpadas de arranque rápido, com eletrodos pré-aquecidos e com circuitos semi-ressonantes.

Na questão das perdas, os balastros magnéticos podem ser divididos em três classes, sendo elas: B (baixas perdas), C (standard) e D (altas perdas). Após o protocolo de Quioto, uma diretiva da União Europeia proibiu a utilização de balastros de classe D a partir de 20 de Maio de 2002 (Dec. Lei 327/2001). Em 2005, foi igualmente proibida a utilização de balastros eletromagnéticos de classe C (standard).

### 5.2 Balastros Eletrônicos

Os balastros eletrônicos aumentam o rendimento das lâmpadas ao converterem a frequência standard de 50Hz em alta frequência, sendo, por norma, entre 25kHz a 40kHz. A operação das lâmpadas com estas frequências elevadas produz a mesma quantidade de luz, mas com um consumo de 12 a 25

Os balastros eletrônicos podem ser divididos em três classes: A1 (balastros eletrônicos com regulação), A2 (balastros eletrônicos com baixas perdas) e A3 (balastros eletrônicos standard).

Quando comparados com os balastros convencionais, os balastros eletrônicos possuem um conjunto de vantagens, que são:

- Poupança de energia entre 20 a 30%;
- Ausência de cintilação durante o funcionamento, devendo-se à alta frequência com que opera;
- Desliga automaticamente as lâmpadas em caso de anomalia;
- As lâmpadas voltam a ligar-se automaticamente após a correção da anomalia;
- Baixo campo magnético;
- Elevado fator de potência (superior a 0,95);
- Baixa temperatura de funcionamento;
- Fluxo constante independente da tensão de alimentação;
- A vida útil da lâmpada aumenta cerca de 50%;
- Funcionamento em CC.

### 5.3 Driver de LEDs

O driver de LED é todo o circuito controlador dos LED e tem como função converter a energia elétrica da rede em tensão contínua, tendo como objetivo alimentar todos os componentes eletrônicos da luminária de LED e controlar a corrente fornecida nos diversos modos de operação dos LED. Alguns drivers ainda permitem efetuar a RFL nos LED, controlar as comunicações e implementar inclusivamente capacidades de inteligência artificial. [20]

Os drivers de LED podem ser divididos em dois tipos:

- Corrente constante - alimentam os LEDs que necessitam de uma corrente de saída fixa e de uma gama de tensões de saída.
- Tensão constante - alimentam os LEDs que necessitam de uma tensão de saída fixa com uma corrente de saída máxima.

O rendimento dos drivers pode variar desde 74% (driver de baixa potência do tipo corrente constante) até ao valor máximo possível, que na prática é 95% (driver do tipo tensão constante). A maioria dos drivers apresentam um rendimento entre os 80 a 90%, dado que a maior parte das suas perdas verificam-se nos semicondutores de potência que, no entanto, têm melhorado o seu desempenho.

Na questão da durabilidade, qualquer driver de LED atual para IP deve ter como objetivo um tempo de vida no mínimo de 50000 a 65000 horas, por forma a corresponder com o tempo de vida atual do LED.

O tempo de vida do driver está dependente da temperatura máxima de funcionamento, isto é, quanto mais elevada for a temperatura de funcionamento, menor será o tempo de vida dos componentes críticos, como é o caso dos condensadores eletrolíticos e dos semicondutores de potência. Os drivers mais eficientes e com menores perdas são os mais fiáveis, devido à sua menor temperatura de funcionamento.





## Capítulo 6

# Sistemas de Controlo e Gestão

Os sistemas de controlo são dispositivos que regulam a operação do sistema de iluminação em resposta a um sinal externo. Estes sistemas permitem otimizar a utilização das instalações IP, originando por norma reduções de energia consideráveis, mas sem prejuízo dos níveis de conforto e segurança visual, que são necessários em cada local e/ou atividade.

Nos sistemas de IP é essencial saber quando o nível de iluminação ambiente é insuficiente para ativar a iluminação. Este controlo não pode ser efetuado de modo totalmente eficaz utilizando temporizadores, pois em dias de chuva ou nevoeiro intenso, pode ser necessário ativar o sistema de iluminação por razões de segurança. Para além disso, o horário do próprio nascer e pôr-do-sol não é constante. Devido a esse fator é essencial, cada vez mais, adotar soluções mais eficazes no sistema de controlo. [\[20\]](#)

## 6.1 Relógio Astronómico

O relógio astronómico é uma solução de comando on-off, cujo horário de funcionamento está de acordo com a variação do ciclo solar durante o ano. Essa variação está demonstrada na figura abaixo.



Figura 6.1: Variação das estações do ano no hemisfério norte

A grande vantagem em relação a um sistema interruptor horário antigo é que adapta o controlo da rede de IP ao horário relativo à altura do ano. Isto significa que enquanto no sistema antigo era necessário fazer um ajuste manual do relógio, senão a IP ligava e desligava sempre à hora que estava programada, com o relógio astronómico, a ação on-off é determinada pelas suas coordenadas geográficas e pelo período noturno, que varia durante o ano. Um exemplo desta situação é o sinal transmitido para acender a IP, que é emitido mais cedo no Inverno do que no Verão e isto, sem qualquer tipo de intervenção humana. É ainda possível aplicar os sets e interrupções dos circuitos de IP em períodos definidos.

De seguida é demonstrado o período de funcionamento de uma rede de IP no hemisfério norte.

Área	Período Sazonal	Horário de Funcionamento (horas)														
		17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7
Hemisfério Norte	Primavera															
	Verão															
	Outono															
	Inverno															

Figura 6.2: Período de funcionamento de uma rede de IP no hemisfério norte

As características de funcionamento do relógio astronómico são:

- Cálculo diário para ações on-off, tendo em conta a latitude e longitude, em graus e minutos, do local onde se encontra;
- Válido para qualquer região geográfica de qualquer hemisfério, tendo somente de o programar antecipadamente;
- Alteração automática do horário de Inverno e Verão;
- Possibilidade de outro tipo de programação, isto é, uma programação que não seja a programação astronómica;
- Possibilidade de inclusão no ciclo de funcionamento astronómico de uma programação diferente para dias festivos e feriados.

O relógio astronómico tem a possibilidade de operar como sistema de controlo da rede de IP isolado, ou então poderá ser um equipamento auxiliar aos reguladores de fluxo e/ou sistemas de telegestão.

## **6.2 Tecnologias de Regulação de Fluxo**

A regulação de fluxo pode ser efetuada por reguladores de fluxo instalados à cabeceira do circuito IP ou por balastros instalados na própria luminária. Estes equipamentos podem ou não estar associados a um sistema de telegestão. Este processo pode ser realizado através da regulação por tensão, por corrente ou ainda por variação da frequência.

### **6.2.1 Reguladores de Fluxo de Cabeceira**

O regulador de fluxo é um equipamento que serve para controlar o processo de arranque, estabilização e redução do consumo da potência instalada, relativa a uma instalação de iluminação. Inicia o seu ciclo depois da aplicação de uma "ordem" com origem local, como é o caso do relógio astronómico ou remota, como é o caso dos sistemas de telegestão avançados, elevando de forma progressiva a tensão até alcançar o valor pré-estabelecido de funcionamento. Quando já não é necessário esse nível de tensão, o regulador diminui a tensão de alimentação das lâmpadas. As transições entre as diversas condições de operação devem ser lentas, de modo a que a alteração do nível de iluminação se torne impercetível ao utilizador.

De seguida podemos observar um exemplo de operação de um regulador de fluxo durante o período noturno.



Figura 6.3: Exemplo de operação de um regulador de fluxo durante o período noturno

Quando se aplica às lâmpadas uma tensão inferior (verde) à nominal de operação (vermelho), a corrente diminui, originando uma redução da potência absorvida pela rede de IP.

A programação para a regulação do fluxo deverá ser realizada de acordo com a época do ano e a área onde o sistema de iluminação se encontra.

Quase todas as lâmpadas de descarga usadas em IP podem ser reguladas ao variar a tensão de alimentação, sem que isso interfira com as suas propriedades e características. Contudo, existe um valor mínimo abaixo do qual a lâmpada não irá funcionar da melhor forma, ou mesmo ligar. Para o caso das lâmpadas de vapor de sódio, por exemplo, o nível de tensão mínima é 183V.

Assim sendo, existem alguns aspetos que se devem ter em conta. A maioria dos sistemas de regulação de fluxo à cabeceira (junto ao PT) opera com o controlo da tensão (redução da tensão). Dessa forma, em circuitos com mais de um tipo de lâmpadas e com grandes probabilidades de terem diferentes horas de operação, o resultado em cada lâmpada dessa regulação pode ser diferente. Adicionalmente, para PT que controlem menos do que 50 luminárias, a aplicação de reguladores de fluxo torna-se economicamente pouco atrativa.

Outra questão relevante é a extensão da rede de IP. Se a regulação é feita à cabeceira e não ponto a ponto, a diferença de potencial no início da linha e no final poderá ser bastante diferente. Isto é, as lâmpadas que efetivamente tiverem a tensão mínima admissível aos seus terminais continuarão ligadas, enquanto que as restantes se apagarão. No caso da rede falhar, algumas lâmpadas poderão não ter, até, um valor de tensão de ignição suficiente para o seu reacendimento.

Os reguladores de fluxo são aparelhos cujas regulações da variação de tensão são feitas através de equipamento de eletrónica de potência. Por isso, em oposição à redução dos custos de manutenção, devido ao aumento do tempo de vida da lâmpada, estará a manutenção destes equipamentos ativos no circuito.

Os reguladores de fluxo, para além de variarem a intensidade luminosa, também estabilizam o nível de tensão em aproximadamente 1% do valor de operação definido (mesmo com variações significativas do valor da tensão). Portanto, para além de aumentar o tempo de vida da lâmpada, não permitindo que estas sejam alimentadas a tensões acima de 5% do seu valor nominal, garantem

economias diretas no consumo (5 a 7%) fazendo o corte da tensão excessiva (clipping), quando excede o seu valor nominal. Adicionalmente, a diminuição do fluxo luminoso, ao longo do tempo de vida da fonte de luz é menor. De modo a garantir isso, é essencial que haja uma supervisão rigorosa das parametrizações do regulador de fluxo, de maneira a garantir a tensão mínima de operação nas lâmpadas ao longo de todo o tempo de vida do regulador.

### 6.2.2 Balastros Eletrônicos Reguláveis

Para se realizar o *dimming* utilizando balastros para lâmpadas de descarga de alta intensidade pode-se recorrer a duas formas:

- Variação a degrau (duplo nível) - o dimming é realizado a degrau, já que o balastro só permite, internamente, realizar a regulação para níveis anteriormente estabelecidos;
- Variação contínua - o dimming é realizado continuamente, resultando num controlo do fluxo luminoso completo e adequado às necessidades, assim como num impacto reduzido na qualidade de energia elétrica.

O controlo dos balastros eletrônicos com possibilidade de dimming pode ser feito recorrendo a três métodos:

- Estático - utiliza uma programação fixa pré-programada no balastro;
- Analógico - utiliza um sinal analógico de tensão contínua entre 1 e 10 V como sinal de entrada de controlo do balastro. O fluxo luminoso da lâmpada é proporcional ao valor dessa tensão de regulação. A grande desvantagem deste método é a possibilidade de existência de interferências resultantes tanto da rede como do próprio comprimento do cabo;
- Digital - a regulação é realizada por um sinal digital produzido pelo sistema de controlo. Este método permite novas opções como a transmissão isenta de erros ou endereçamento individual de componentes. Atualmente existem dois modelos de mercado que se diferenciam um pouco na questão do protocolo de transmissão de dados. Esses modelos são o DSI (Digital Serial Interface) e DALI (Digital Addressable Lighting Interface). Os dois modelos possibilitam comunicação bidirecional, como "questionando" a luminária em relação ao seu estado operacional e consequentemente controlá-la.

Os dois últimos modelos são os mais apropriados para integrar nos sistemas de telegestão.

### 6.3 Sistemas de Telegestão

Um sistema de telegestão permite uma utilização racional de energia, nunca esquecendo a segurança e o conforto. Com a utilização destes sistemas de controlo adaptativo e monitorização de IP existe um aumento qualitativo na área da IP. Para além de baixar custos de manutenção, possibilita também:

- Uma rede IP mais eficiente e capaz de se adaptar às necessidades de cada circunstância, como tráfego pedestre e viário e condições climatéricas;
- Adaptar o fluxo luminoso em função da iluminação ambiente;
- Detetar impactos ou derrubes dos postes de iluminação;
- Controlar o tempo de vida dos pontos de luz e identificar eventuais falhas.

A arquitetura de referência do sistema de telegestão é constituída pelos seguintes componentes:

- Controlador de luminária (CL) - aparelho que realiza o controlo do balastro/driver programável da fonte de luz e de todos os sensores existentes na luminária, proporcionando um sistema de iluminação dinâmico;
- Controlador de segmento (CS) - canal de comunicação das luminárias;
- Sistema de gestão central (SGC) - Controla os vários segmentos do sistema de IP, fazendo a gestão da informação transmitida pelos controladores da luminária e de segmento.

Nos sistemas em que as luminárias não possuem capacidade de comunicar diretamente com o SGC há necessidade de recorrer a um CS. Neste tipo de arquitetura é frequente a concentração de luminárias.

Contudo, este tipo de sistemas ainda não são utilizados em massa, dado a falta de normalização, que permita tornar estas soluções interoperáveis, intermutáveis e integráveis em plataformas de gestão standard. Isto quer dizer que se tratam de soluções proprietárias de fabricantes. Adicionalmente as avaliações quantitativas e qualitativas destes sistemas ainda não exibem indicadores técnicos e financeiros que justifiquem a sua implantação.

## Capítulo 7

# Sistema Fotovoltaico

### 7.1 Energia Solar

A energia solar é uma energia eletromagnética, sendo que a sua fonte é o sol. Dessa forma, é considerada uma fonte de energia sustentável e limpa, pelo que não produz resíduos e traz benefícios ambientais devido à redução de emissões de gases de efeito estufa e por isso, diminui a pegada de carbono do consumidor final.

Esta energia pode ser transformada em energia elétrica ou térmica e utilizada em várias situações. As duas principais formas de aproveitamento da energia solar são a geração de energia elétrica e o aquecimento de água.

Através da energia solar é possível produzir energia elétrica recorrendo ao sistema fotovoltaico, em que a radiação solar é convertida diretamente em energia elétrica.

### 7.2 Energia Fotovoltaica

A energia fotovoltaica é, por definição, a geração de energia elétrica de forma não convencional, isto é, através da radiação solar, sem que haja necessidade de esta passar pela fase de energia térmica, sendo essa a grande diferença entre a energia fotovoltaica e as restantes energias solares.

No sistema de energia solar fotovoltaica existem diversos modelos de painéis solares, que apresentam maior ou menor eficiência energética. Os mais comuns são os monocristalinos, policristalinos e os de filme fino.

Os principais componentes de um sistema de energia fotovoltaica são os painéis, a estrutura de suporte, os controladores de carga, inversores e baterias.

### 7.3 Funcionamento

Os painéis solares são sistemas de microgeração de energia constituídos por células fotovoltaicas, sendo que um conjunto de painéis forma um módulo solar. As células fotovoltaicas são compostas por materiais semicondutores, sendo, por norma, utilizado o silício. Aquando da exposição solar, a célula de uma placa capta a sua energia e parte dos elétrons do material iluminado absorve fótons.

Os elétrons livres são transportados em fluxo pelo semicondutor até serem arrastados por um campo elétrico. Este campo elétrico é gerado na área de junção dos materiais, por uma diferença de potencial elétrico presente entre esses materiais semicondutores. Os elétrons livres são retirados da célula solar e ficam livres para serem utilizados na forma de energia elétrica.

O sistema fotovoltaico não necessita de alta irradiação solar para o seu funcionamento. No entanto, a quantidade de energia produzida está dependente da densidade das nuvens, de modo que um baixo número de nuvens pode originar uma maior geração de eletricidade, quando comparado com dias de céu completamente limpo, sendo isto causado pelo fenómeno da reflexão da luz solar.

A eficiência da conversão é quantificada pela proporção de radiação solar incidente sobre a superfície da célula, que é convertida em energia elétrica. Atualmente, as células mais eficientes proporcionam 25% de eficiência.

A nível de sistemas fotovoltaicos existem dois tipos, sendo que uns estão conectados à rede (on-grid ou grid-tie) ou os isolados da rede (off-grid ou autónomos). A maior diferença entre eles é a composição do kit, uma vez que o primeiro não precisa de dispositivos para armazenar a energia, isto é, não necessita da bateria, onde a energia é, por norma, armazenada nos sistemas off-grid, nem necessita do controlador de carga. Outra diferença entre os dois tipos é que o primeiro tem de estar obrigatoriamente conectado à rede convencional de distribuição de energia, enquanto que o segundo não tem essa necessidade, podendo ser instalado em regiões mais remotas. [36]

### 7.4 Componentes

O kit de energia solar fotovoltaica, de uma forma geral, é constituído por alguns componentes básicos, classificados em três diferentes blocos: o bloco gerador, o bloco de condicionamento de potência e o bloco de armazenamento. Cada bloco é composto por componentes com funções específicas.

Os blocos são formados pelos seguintes componentes: [37]

- Bloco gerador: painéis solares, cabos e estrutura de suporte;
- Bloco de condicionamento de potência: inversores e controladores de carga;
- Bloco de armazenamento: baterias.



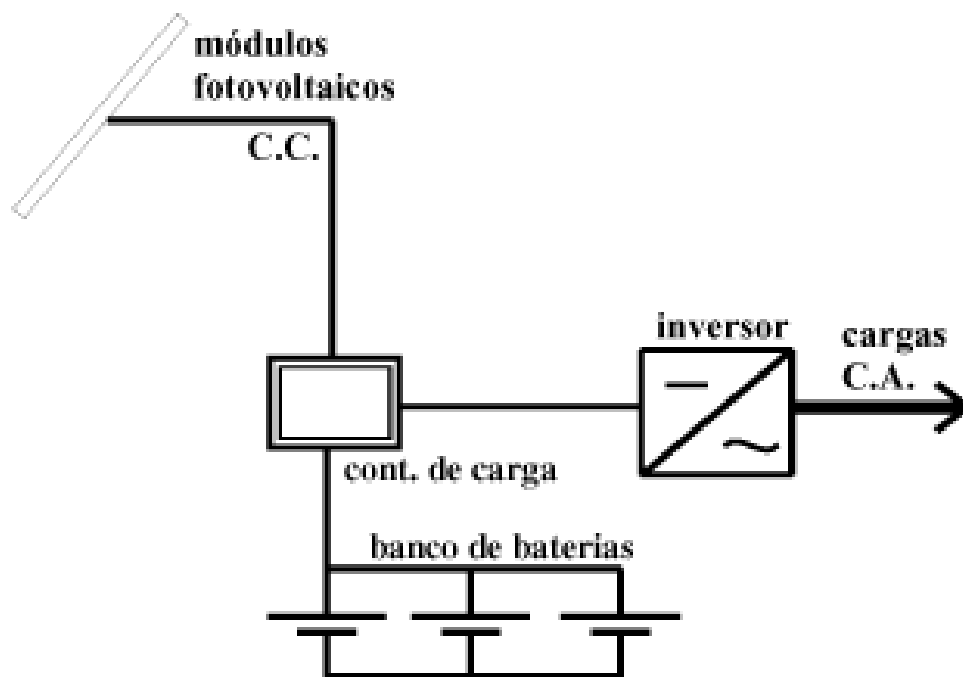


Figura 7.1: Esquema do Sistema Fotovoltaico

### 7.4.1 Bloco Gerador

#### 7.4.1.1 Painéis Solares

Os painéis solares são os responsáveis pela conversão da energia solar em eletricidade, funcionando de uma forma simples. Um painel solar é composto por um conjunto de células fotovoltaicas, que possuem elétrons, que ao receberem radiação solar, movimentam-se e consequentemente geram uma corrente elétrica.

Os painéis necessitam de uma manutenção básica, dependendo essencialmente de uma boa limpeza para garantir a operação em todo o seu potencial. Normalmente, as chuvas são suficientes para retirar folhas, poeiras e outros detritos, sendo boa prática manter uma rotina de verificação.

Os tamanhos e número de painéis necessários irão depender da área disponível, local de instalação e da demanda energética. Os painéis solares, que possuem em média 25 anos de vida útil, podem ser de três tipos diferentes: os monocristalinos, os policristalinos e os de filme fino. Cada um deles tem um preço, uma composição e uma eficiência distinta.

#### **7.4.1.2 Estruturas de Suporte**

Tal como nome indica, as estruturas de suporte têm como função suportar e servir de apoio aos painéis solares. A seleção do tipo de estrutura de suporte deve ter em consideração o tipo de painel solar a ser instalado, a inclinação necessária, o local de instalação e o material do qual é composto.

Portanto, da mesma maneira que nos painéis, existem estruturas de suporte com modelos distintos, sendo aplicáveis a diferentes locais e situações e que têm preços, tamanhos e eficiências diferentes. Alguns modelos são de estrutura metálica com inclinação fixa, outros são de estrutura fixa com ângulo de inclinação ajustável e os últimos são os trackers. De notar é o facto que nem sempre o mais caro é o melhor, sendo aconselhável averiguar as funções e requisitos de cada um para melhor seleccionar o modelo.

#### **7.4.1.3 Cabos**

Os cabos interligam os demais componentes do sistema e proporcionam o fluxo de energia entre eles. Novamente, os modelos de cabos a serem escolhidos irão depender do tipo de painel selecionado para o sistema e da distância entre os componentes, sendo que existe um limite no que toca à distância máxima permitida entre dois pontos a serem conectados.

Os tipos de cabos a serem utilizados no sistema fotovoltaico são: os de módulo ou fileira, que asseguram a proteção contra falhas e curto-circuitos; os cabos principais DC, que conectam o gerador e o inversor; e os cabos do ramal AC, que conectam o inversor à rede recetora.

Todos os condutores devem ser compostos de cobre e com isolamento termoplástico.

### **7.4.2 Bloco de Condicionamento de Potência**

#### **7.4.2.1 Inversores**

Os inversores devem carregar baterias caso estejam associados a um gerador, no entanto a sua principal função é converter a corrente contínua (CC) em corrente alternada (CA), adaptando a tensão da corrente de acordo com a necessidade.

Os painéis solares fornecem energia ao sistema na forma de corrente contínua, sendo que as baterias, de igual forma, recebem e fornecem na forma de corrente contínua. Contudo, a maioria dos dispositivos eletrónicos usam a energia na forma de corrente alternada e por isso, é necessário recorrer a inversores.

#### **7.4.2.2 Controladores de Carga**

O controlador de carga tem como função proteger as baterias, controlando o processo de carga e descarga das mesmas, tendo o intuito de prolongar a vida útil das baterias e assegurando uma maior eficiência no processo de armazenar energia produzida.

Este componente, através de medições de tensão da bateria, controla a intensidade da corrente que flui nela. Desse modo, conforme a bateria se aproxima da sua carga máxima, o controlador reduz a intensidade da corrente. Para além de permitir a carga completa da bateria, o controlador também assegura que o descarregamento da bateria não atinja níveis não seguros, o que poderia levar a danos da mesma.

Os controladores de carga têm como características os seguintes parâmetros:

- Proteção contra corrente inversa;
- Controlo de descarga;
- Monitorização do sistema;
- Proteção contra sobre corrente;
- Compensação de temperatura.

#### **7.4.3 Bloco de Armazenamento**

##### **7.4.3.1 Baterias**

As baterias asseguram o fornecimento de energia para o sistema, quando houver pouca energia solar ou mesmo quando esta for inexistente, como acontece em dias nublados ou à noite.

Nem todos os sistemas fotovoltaicos necessitam de baterias. Como é obvio, qualquer sistema irá necessitar de uma fonte alternativa de energia para alturas em que não haja luz solar, todavia as baterias não são a única opção. As baterias são usadas como fonte alternativa para sistemas, que não são ligados à rede (off-grid), no entanto para aqueles que são ligados à rede de energia elétrica (on-grid), é a este componente que se irá recorrer em dias nublados.

Existem vários tipos de baterias, mas nem todas podem ser usadas no sistema fotovoltaico, como é o caso das baterias de carros. Entre as baterias que são permitidas, existem diversos cuidados e aplicações para cada uma, para além de diferentes preços e tempos de vida útil.



## Capítulo 8

# Tarifas

A 26 de Junho de 2003, a União Europeia emitiu a Diretiva 2003/54/CE, estabelecendo dessa forma regras comuns para a produção, transporte e distribuição de eletricidade, a organização e o funcionamento do setor, o acesso ao mercado, os critérios e os mecanismos aplicáveis aos concursos, à concessão de autorizações e à exploração de redes. Esta diretiva também possibilitou aos clientes escolherem livremente o seu comercializador a partir de 1 de Julho de 2007.

Com a criação desta legislação comunitária, os governos dos países membros tiveram de introduzir os seus princípios orientadores para a respetiva legislação nacional. Em relação a Portugal, o Decreto-Lei 29/2006, de 15 de Fevereiro, veio transpor para a ordem jurídica interna os princípios básicos da Diretiva citada anteriormente, integrando simultaneamente as bases relativas à organização e funcionamento do Sistema Elétrico Nacional. O Decreto-Lei nº 172/2006, de 23 de Agosto, veio estabelecer os regimes jurídicos do exercício de várias atividades como a distribuição e comercialização de energia elétrica. [38]

Em Portugal, tal como na maioria dos países europeus, o processo de liberalização do setor elétrico aconteceu de forma faseada e progressiva entre 1995, com o Decreto-Lei nº 187/95, de 27 de Julho, que veio criar a ERSE (Entidade Reguladora do Setor Elétrico) com a natureza de pessoa coletiva de direito público, com autonomia administrativa e financeira, e 2006. Inicialmente o mercado foi aberto aos consumidores com níveis de tensão e consumos mais elevados. Posteriormente, em 2004, o processo estendeu-se aos consumidores de baixa tensão com maiores potências contratadas.

A partir de 4 de Setembro de 2006, todos os consumidores em Portugal têm a liberdade de escolher o seu fornecedor de energia elétrica, antecipando a data indicada para este acontecimento na Diretiva nº 2003/54/CE, de 1 de Julho de 2007.

Dada esta liberalização do mercado energético, existem atualmente diversas companhias que fornecem energia em Portugal, tais como, por exemplo, a EDP, a Iberdrola, a Fenosa, a Galp e a Hen. As tarifas destas empresas foram analisadas nesta dissertação e são algumas das muitas empresas existentes atualmente no panorama nacional. Assim sendo, de seguida, são apresentados os preços praticados por cada uma das companhias referidas anteriormente para os casos de baixa tensão normal (BTN) e média tensão (MT). De notar, que nos casos da Galp e da Iberdrola, apenas

são apresentados os preços para BTN, dado que não existe informação sobre os preços praticados para MT. [39]

## 8.1 Hen

### 8.1.1 BTN

Potência Contratada (kVA)	Preço da Potência (€/dia)	Preço da Energia (€/kWh)		
		Ponta	Cheias	Vazio
27,6	1,1914	0,3048	0,1451	0,078
34,5	1,4893			
41,4	1,7871			

Tabela 8.1: Valores discriminados da tarifa de BTN da Hen [11]

### 8.1.2 MT

Potência (€/kW.dia)		Energia Ativa (€/kWh)			
Horas de Ponta	Contratada	Horas de Ponta	Horas Cheias	Horas de Vazio Normal	Horas de Super Vazio
0,2641	0,0397	0,1158	0,1044	0,0764	0,0678

Tabela 8.2: Valores discriminados da tarifa de MT da Hen [11]

## 8.2 Galp

### 8.2.1 BTN

Potência Contratada (kVA)	Preço da Potência (€/dia)	Preço da Energia (€/kWh)		
		Ponta	Cheias	Vazio
27,6	1,2587	0,2893	0,1365	0,0685
34,5	1,5692			
41,4	1,8800			

Tabela 8.3: Valores discriminados da tarifa de BTN da Galp [12]

## 8.3 EDP

### 8.3.1 BTN

#### 8.3.1.1 Médias utilizações

Potência Contratada (kVA)	Preço da Potência (€/dia)	Preço da Energia (€/kWh)		
		Ponta	Cheias	Vazio
27,6	1,4377	0,3128	0,1555	0,0862
34,5	1,7918			
41,4	2,1459			

Tabela 8.4: Valores discriminados da tarifa de BTN da EDP para médias utilizações [13]

#### 8.3.1.2 Longas utilizações

Potência Contratada (kVA)	Preço da Potência (€/dia)	Preço da Energia (€/kWh)		
		Ponta	Cheias	Vazio
27,6	4,2036	0,2318	0,1341	0,0800
34,5	5,2513			
41,4	6,2988			

Tabela 8.5: Valores discriminados da tarifa de BTN da EDP para longas utilizações [13]

### 8.3.2 MT

Termo tarifário fixo: 1,5730 €/dia

#### 8.3.2.1 Longas utilizações

Potência (€/kW.dia)		Energia Ativa (€/kWh)							
Horas de Ponta	Contratada	Períodos I, IV				Períodos II, III			
		Horas de Ponta	Horas Cheias	Horas de Vazio Normal	Horas de Super Vazio	Horas de Ponta	Horas Cheias	Horas de Vazio Normal	Horas de Super Vazio
0,3380	0,0516	0,1384	0,1087	0,0767	0,0654	0,1414	0,1109	0,0793	0,0729

Tabela 8.6: Valores discriminados da tarifa de MT da EDP para longas utilizações [14]

### 8.3.2.2 Médias utilizações

Potência (€/kW.dia)		Energia Ativa (€/kWh)							
Horas de Ponta	Contratada	Períodos I, IV				Períodos II, III			
		Horas de Ponta	Horas Cheias	Horas de Vazio Normal	Horas de Super Vazio	Horas de Ponta	Horas Cheias	Horas de Vazio Normal	Horas de Super Vazio
0,3406	0,0486	0,1446	0,1121	0,0779	0,0665	0,1505	0,1122	0,0818	0,0729

Tabela 8.7: Valores discriminados da tarifa de MT da EDP para médias utilizações

### 8.3.2.3 Curtas utilizações

Potência (€/kW.dia)		Energia Ativa (€/kWh)							
Horas de Ponta	Contratada	Períodos I, IV				Períodos II, III			
		Horas de Ponta	Horas Cheias	Horas de Vazio Normal	Horas de Super Vazio	Horas de Ponta	Horas Cheias	Horas de Vazio Normal	Horas de Super Vazio
0,4998	0,0209	0,2163	0,1206	0,0819	0,0730	0,2159	0,1205	0,0825	0,0768

Tabela 8.8: Valores discriminados da tarifa de MT da EDP para curtas utilizações [14]



## 8.4 Fenosa

### 8.4.1 BTN

#### 8.4.1.1 Consumo anual <10 MWh/ano

Potência Contratada (kVA)	Preço da Potência (€/dia)	Preço da Energia (€/kWh)		
		Ponta	Cheias	Vazio
27,6	1,226652	0,3091	0,1483	0,0768
34,5	1,524515			
41,4	1,822478			

Tabela 8.9: Valores discriminados da tarifa de BTN da Fenosa para consumos anuais inferiores a 10 MWh/ano [15]

#### 8.4.1.2 Consumo anual > 10 MWh/ano

Potência Contratada (kVA)	Preço da Potência (€/dia)	Preço da Energia (€/kWh)		
		Ponta	Cheias	Vazio
27,6	1,191452	0,3086	0,1478	0,0763
34,5	1,489315			
41,4	1,787178			

Tabela 8.10: Valores discriminados da tarifa de BTN da Fenosa para consumos anuais superiores a 10 MWh/ano [15]

### 8.4.2 MT

#### 8.4.2.1 Consumo anual < 50 MWh/ano

Potência (€/kW.dia)		Energia Ativa (€/kWh)			
Horas de Ponta	Contratada	Horas de Ponta	Horas Cheias	Horas de Vazio Normal	Horas de Super Vazio
0,226915	0,032121	0,1086	0,0971	0,0689	0,0592

Tabela 8.11: Valores discriminados da tarifa de MT da Fenosa para consumos anuais inferiores a 50 MWh/ano

#### 8.4.2.2 50 < Consumo anual < 350 MWh/ano

Potência (€/kW.dia)		Energia Ativa (€/kWh)			
Horas de Ponta	Contratada	Horas de Ponta	Horas Cheias	Horas de Vazio Normal	Horas de Super Vazio
0,226915	0,032121	0,1076	0,0961	0,0679	0,0581

Tabela 8.12: Valores discriminados da tarifa de MT da Fenosa para consumos anuais entre os 50 MWh/ano e os 350 MWh/ano

#### 8.4.2.3 Consumo anual > 50 MWh/ano

Potência (€/kW.dia)		Energia Ativa (€/kWh)			
Horas de Ponta	Contratada	Horas de Ponta	Horas Cheias	Horas de Vazio Normal	Horas de Super Vazio
0,226915	0,032121	0,1070	0,0955	0,0673	0,0576

Tabela 8.13: Valores discriminados da tarifa de MT da Fenosa para consumos anuais superiores a 50 MWh/ano

## 8.5 Iberdrola

### 8.5.1 BTN

Potência Contratada (kVA)	Preço da Potência (€/dia)	Preço da Energia (€/kWh)		
		Ponta	Cheias	Vazio
27,6	1,4386	0,3157	0,1577	0,0883
34,5	1,7929			
41,4	2,1472			

Tabela 8.14: Valores discriminados da tarifa de BTN da Iberdrola [16]

## Capítulo 9

# Cálculo das tarifas

Neste capítulo serão apresentados os resultados dos cálculos efetuados com vista a determinar a melhor tarifa entre as companhias consideradas no capítulo 7. Também constarão as fórmulas utilizadas para a determinação da melhor tarifa. Tal como já foi dito anteriormente, no capítulo 7, as companhias consideradas para BTN foram: a Hen, a Galp, a EDP, a Fenosa e a Iberdrola, e para MT, as companhias consideradas foram: a Hen, a EDP e a Fenosa. Apenas se realizou o estudo das tarifas em Baixa Tensão Normal e Média Tensão devido aos casos de estudo em questão, pois o caso de Vila Flor é Baixa Tensão Normal e o caso de Alfena é Média Tensão.

De seguida serão apresentadas as fórmulas, que foram utilizadas para calcular as tarifas de Baixa Tensão Normal (Nó de Vila Flor) e de Média Tensão (Nó de Alfena) para cada uma das companhias referenciadas. De notar, que foram realizados alguns cálculos antes de recorrer às seguintes fórmulas, que é caso do cálculo da média do Preço da Energia entre os Períodos I, IV e os Períodos II, III e que os consumos considerados são referentes ao ano 2016. Este cálculo apenas foi realizado para Média Tensão e para o caso da EDP. Para realizar estes cálculos foram utilizados os dados presentes no Anexo "Consumos do Nó de Vila Flor em 2016" e no Anexo "Consumos do Nó de Alfena em 2014, 2015 e 2016".

a) Cálculo das tarifas para BTN:

$$Consumo_{Ponta} = \frac{\sum_{i=1}^{12} Consumo_{Ponta}}{12}$$

$$Consumo_{Cheia} = \frac{\sum_{i=1}^{12} Consumo_{Cheia}}{12}$$

$$Consumo_{Vazio} = \frac{\sum_{i=1}^{12} Consumo_{Vazio}}{12}$$

$$P = Consumo_{Ponta}(KWh) \times Preço da Energia_{Ponta} (€/KWh)$$

$$C = Consumo_{Cheia}(KWh) \times Preço da Energia_{Cheia} (€/KWh)$$

$$V = Consumo_{Vazio}(KWh) \times Preço da Energia_{Vazio} (€/KWh)$$

$$PC = 31 \text{ dias} \times Preço da Potência Contratada (€/dia)$$

$$Total = P + C + V + PC$$

$$P - Ponta (€)$$

$$C - Cheia (€)$$

$$V - Vazio (€)$$

$$PC - Potência Contratada (€)$$

$$Total (€)$$

Figura 9.1: Algoritmo para cálculo das tarifas em BTN

b) Cálculo das tarifas para MT:

$$Consumo_{Ponta} = \frac{\sum_{i=1}^{12} Consumo_{Ponta}}{12}$$

$$Consumo_{Cheia} = \frac{\sum_{i=1}^{12} Consumo_{Cheia}}{12}$$

$$Consumo_{Vazio} = \frac{\sum_{i=1}^{12} Consumo_{Vazio}}{12}$$

$$Consumo_{Super\ Vazio} = \frac{\sum_{i=1}^{12} Consumo_{Super\ Vazio}}{12}$$

PHP = Consumo Ponta de cada mês / (Nº de dias do mês  
× Nº de horas de ponta por dia) (€/KW.dia)

$$MPHP = \frac{\sum_{i=1}^{12} PHP}{12} \text{ (€/KW.dia)}$$

$$P = Consumo_{Ponta}(KWh) \times Preço da Energia_{Ponta}(\text{€/KWh})$$

$$C = Consumo_{Cheia}(KWh) \times Preço da Energia_{Cheia}(\text{€/KWh})$$

$$V = Consumo_{Vazio}(KWh) \times Preço da Energia_{Vazio}(\text{€/KWh})$$

$$SV = Consumo_{Super\ Vazio}(KWh) \times Preço da Energia_{Super\ Vazio}(\text{€/KWh})$$

$$PC = 23,25 \text{ KW} \times 31 \text{ dias} \times Preço da Potência Contratada (\text{€/KW.dia})$$

$$TPHP = MPHP \text{ KW} \times 31 \text{ dias} \times \\ Preço da Potência Horas de Ponta (\text{€/KW.dia})$$

$$Termo\ tarifário\ fixo = 1,5730 \text{ €/dia} \times 30 \text{ dias} = 47,19 \text{ €}$$

$$Total = P + C + V + SV + PC + TPHP + Termo\ tarifário\ fixo$$

P – Ponta (€)

C – Cheia (€)

V – Vazio (€)

SV – Super Vazio (€)

PC – Potência Contratada (€)

TPHP – Potência Horas de Ponta (€)

Total (€)

Figura 9.2: Algoritmo para cálculo das tarifas em MT

De notar é o facto da parcela "Termo tarifário fixo" apenas ser adicionada para o caso da EDP. Portanto, para os casos da Hen e da Fenosa, a parcela "Termo tarifário fixo" não deve constar nos cálculos. Também se deve ter em atenção que estas fórmulas apenas são aplicáveis ao caso do nó de Alfena, pois o valor 23,25 kW presente na fórmula da Potência Contratada é a potência contratada para o caso do nó de Alfena.

Tendo em conta estas fórmulas, foram calculadas as tarifas para os casos em questão. De seguida podemos observar os resultados, tendo sido obtidos com recurso ao EXCEL.

a) BTN:

Valor das tarifas por mês (€)						
Hen	Galp	EDP		Fenosa		Iberdrola
		Médias utilizações	Longas utilizações	Consumo anual <10 MWh/ano	Consumo anual >10 MWh/ano	
457,8758973	422,5115306	499,8618486	530,428325	461,0139583	458,4875822	508,3744457

Tabela 9.1: Valor das tarifas por mês para Baixa Tensão Normal

b) MT:

Valor das tarifas por mês (€)						
Hen	EDP			Fenosa		
	Curtas utilizações	Médias utilizações	Longas utilizações	Consumo anual <50 MWh/ano	50 < Consumo anual <350 MWh/ano	Consumo anual >350 MWh/ano
158,102087	233,6870442	228,4220705	226,9660045	142,0430781	140,8226162	137,4146466

Tabela 9.2: Valor das tarifas por mês para Média Tensão

Ao observar as duas tabelas acima, podemos concluir quais as melhores tarifas para ambos os casos. Dessa forma, é possível constatar que a empresa mais benéfica para o caso do Nó de Vila Flor é a Galp, enquanto que para o caso do Nó de Alfena, a empresa mais benéfica é a Fenosa, sendo melhor optar pelo consumo anual superior a 350 MWh/ano. Portanto, para as duas situações era aconselhável uma revisão no seu tarifário e posterior alteração, dado que em ambos os Nós, a companhia atual é a Iberdrola.

## Capítulo 10

# Nó de Alfena

### 10.1 Descrição do Caso de Estudo

O sistema de iluminação rodoviário do Nó de Alfena é composto por um total de 67 luminárias, sendo que 64 apresentam uma coluna de iluminação de 12 metros com uma potência de 250 watts, e somente uma luminária apresenta um braço triplo de 1 metro e uma altura de 12 metros. Cada braço desta luminária tem uma potência de 250 watts. Nestas luminárias estão instaladas lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão com lâmpada exterior tubular transparente. As lâmpadas em questão são as MASTER SON-T PIA Plus da marca *Philips*. Estas lâmpadas têm uma potência de 250 watts e o seu casquilho é do tipo E40. Quanto ao controlo e regulação, é utilizado o sistema de telegestão XEOLUM da marca *ORBIS*, permitindo um controlo à distância, por website, de uma ou várias luminárias em tempo real, guarda o histórico, realiza relatórios e envia informações por SMS. A classe de pavimento da auto-estrada, de acordo com a tabela 7.1 é R3.

Superfície da Estrada	Q0 (Coeficiente de Luminância Médio Normalizado) ( $\text{cd.m}^{-2}.\text{lux}^{-1}$ )	Descrição da Superfície da Estrada
R1	0,10	Betão de cimento Portland
R2	0,07	Asfalto com um mínimo de 60% de cascalho
R3	0,07	Asfalto com agregado escuro
R4	0,08	Asfalto com uma textura muito lisa

Tabela 10.1: Classificação das superfícies de estradas baseada em Q0 [17]

De seguida é apresentada a planta do nó de Alfena, em que podemos observar a distribuição das luminárias.

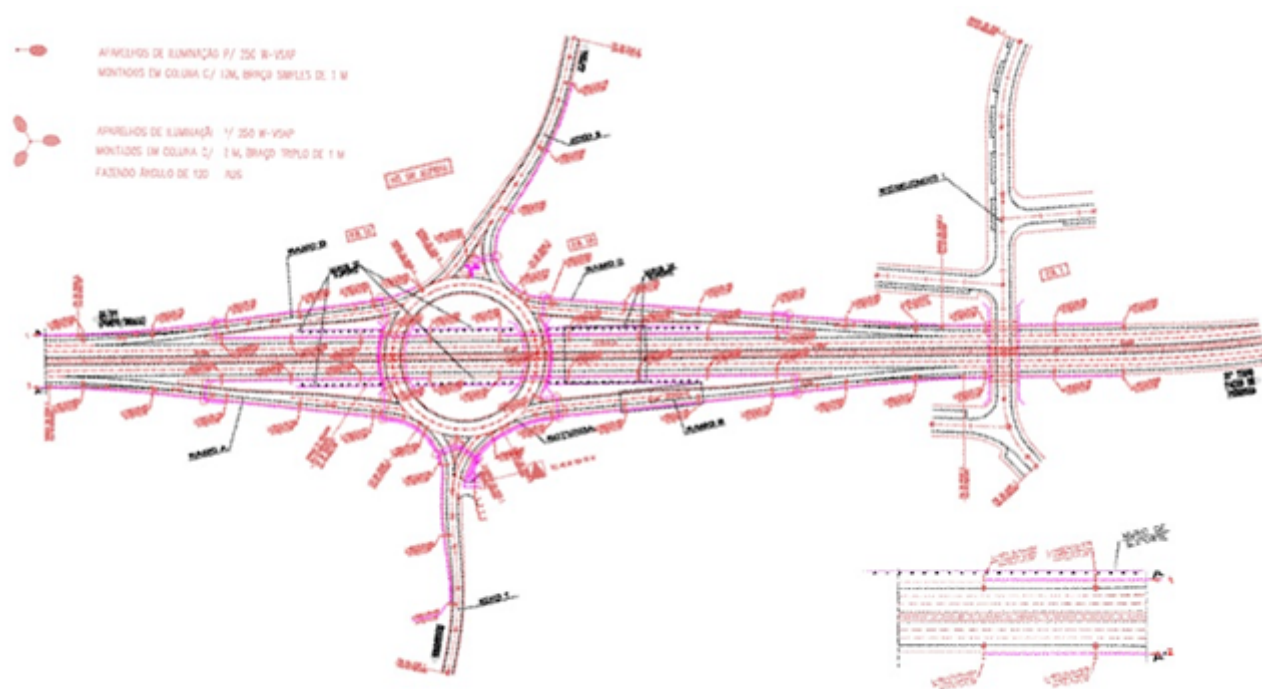


Figura 10.1: Planta do Nó de Alfena



Na tabela seguinte são apresentadas as características da lâmpada MASTER SON-T PIA Plus:

Dados elétricos e de funcionamento		Dados técnicos de luminosidade		Informações gerais	
Tensão de alimentação da lâmpada	230 V	Fluxo luminoso	33000 lm	Casquilho	E40
Potência	250 W	Temperatura de Cor	2000 °K	Posição de funcionamento	Universal
Corrente	3 A			Vida útil até 5% de falhas	20500 h
Tensão da alimentação de ignição (Máx)	198 V			Vida útil até 10% de falhas	24000 h
Tensão de pico da ignição (Máx)	2800 V	Eficiência luminosa	127 lm/W	Vida útil até 20% de falhas	28000 h
Tempo de re-ignição (Min) (Max)	120 s				
Tempo de ignição (Max)	10 s	Índice de restituição cromática	25	Vida útil até 50% de falhas	36000 h
Tensão (Max)	115 V				
Tensão (Min)	85 V			Descrição do sistema	External Ignitor (E)
Tensão	100 V				

Tabela 10.2: características da lâmpada MASTER SON-T PIA Plus [18]

De seguida são apresentadas, numa tabela, as características do sistema de telegestão XEOLUM:

<b>características técnicas</b>		<b>Comunicações móveis</b>	
<b>Tensão de alimentação</b>	230 V AC	<b>Módulo GSM</b>	Suporte do cartão SIM, 3 V, 1,8 V com botão de extração; 4 bandas EGSM 850/900/1800/1900 MHz; GPRS Classe 12 (86 kbps para cima e para baixo)
<b>Consumo próprio</b>	4,8	<b>Potência</b>	Classe 4 (2W) @ 850 / 900 MHz; Classe 1 (1W) @ 1800 / 1900 MHz;
<b>Visualizador</b>	Alfanumérico 4x20, cristal líquido retroiluminado	<b>Sensibilidade</b>	107 dBm (typ.) @ 850 / 900 MHz; 106 dBm (typ.) @ 1800 / 1900 MHz;
<b>Entradas auxiliares</b>	10 optoacopladas de 230 V AC	<b>Antena</b>	Alcance de frequência: 900 / 1.800 MHz; Ganho: 6 cm 0 dBi; 22 cm 3 dBi
<b>Saídas auxiliares</b>	4 relés livres de potencial 5 A / 230 V AC	<b>Classe de proteção</b>	IP 20 segundo EN 60529
<b>Entradas analógicas</b>	1 x 0 - 10 V 1 x 0 - 20 mA 1 x NTC	<b>Temperatura de funcionamento</b>	-10 °C a +45 °C
<b>Portas de comunicação</b>	1 x RS232 1 x RS485	<b>Temperatura de armazenamento</b>	-20 °C a +60 °C
		<b>Número de módulos</b>	9
<b>Analísadores</b>	2 analisadores completos com medida trifásica de tensão e corrente	<b>Dimensões exteriores</b>	160 x 90 x 58 mm
		<b>Peso neto</b>	332 g

Tabela 10.3: características do sistema de gestão XEOLUM [19]

## 10.2 Classificação da Plena Via e dos Ramos do Nó de Alfena

A determinação da classe de iluminação é um ponto fulcral para um estudo completo dos nós. Desse modo, recorre-se a tabelas da norma EN13201, sendo que o primeiro passo é classificar os fatores da seguinte tabela.

Fatores de peso que caracterizam o local público a iluminar				
Parâmetro	Opções	M	C	P
Velocidade	Muito alta	1	3	-
	Alta	0,5	2	-
	Moderada	0	1	-
	Baixa	-	0	1
	Muito baixa	-	-	0
Volume de Tráfego	Muito elevado	1		
	Elevado	0,5		
	Moderado	0		
	Baixo	-0,5		
	Muito baixo	-1		
Composição do Trânsito	Elevada percentagem de não motorizados	2	-	
	Misturado	1	-	
	Apenas motorizado	0	-	
	Pedestres, ciclistas e tráfego motorizado	-	2	
	Pedestres e tráfego motorizado	-	1	
	Pedestres e ciclistas	-	1	
	Pedestres ou ciclistas	-	0	
Separação das faixas	Não	1	-	
	Sim	0	-	
Densidade dos cruzamentos	Alta	1	-	
	Moderada	0	-	
Veículos estacionados	Presente	0,5	-	0,5
	Não presente	0	-	0
Luminância ambiente	Alta	1		
	Moderada	0		
	Baixa	-1		
Controlo do trânsito	Fraco	0,5	-	
	Bom	0	-	

Tabela 10.4: Determinação dos índices das classes de iluminação M, C e P [20]

Assim os parâmetros foram classificados da seguinte forma:

- Velocidade: Muito alta (1);
- Volume do tráfego: Moderado (0);
- Composição do trânsito: Apenas motorizado (0);
- Separação das faixas: Sim (0);
- Densidade dos cruzamentos: Moderada (0);
- Veículos estacionados: Não presente (0);
- Luminância ambiente: Baixa (-1);
- Controlo do trânsito: Fraco (0,5).

Ao somar todos os fatores, o total é 0,5, sendo agora possível determinar o índice da classe de iluminação. Para isso, subtrai-se o valor calculado a 6, obtendo como valor final a classe de iluminação. Quando o valor obtido não é inteiro, que é o caso, devemos arredondar para o valor mais abaixo, que é, portanto 5. Deste modo, podemos concluir que a classe de iluminação da plena via do nó de Alfena é M5, segundo a tabela 10.5.

Classe de Iluminação	Superfície da Estrada				TI (%) SR	
	Seca			Molhada		
	Lmédia (cd/m <sup>2</sup> )	Uo	UI	Uo		
<b>M1</b>	2	0,4	0,7	0,15	10	0,5
<b>M2</b>	1,5	0,4	0,7	0,15	10	0,5
<b>M3</b>	1	0,4	0,6	0,15	15	0,5
<b>M4</b>	0,75	0,4	0,6	0,15	15	0,5
<b>M5</b>	0,5	0,35	0,4	0,15	15	0,5
<b>M6</b>	0,3	0,35	0,4	0,15	20	0,5

Tabela 10.5: Requisitos fotométricos para a classe M (alta e média velocidade) [20]

Após a classificação da plena via, deve-se proceder à classificação do ramo do nó, recorrendo às mesmas tabelas. Tal como para a plena via, o primeiro passo é classificar os fatores da tabela 10.4.

- Velocidade: Alta (0,5);
- Volume do tráfego: Baixo (-0,5);
- Composição do trânsito: Apenas motorizado (0);
- Separação das faixas: Sim (0);
- Densidade dos cruzamentos: Moderada (0);
- Veículos estacionados: Não presente (0);
- Luminância ambiente: Baixa (-1);
- Controlo do trânsito: Fraco (0,5).

Para o caso do ramo, o somatório resulta em -0,5. Ao subtrair esse valor a 6, constata-se que a classe de iluminação é M6, pois o resultado dessa subtração é 6,5, pelo que se deve arredondar para o valor mais abaixo. Agora que as classes de iluminação para o caso da plena via e do caso do ramo estão determinadas, pode-se realizar um estudo sobre a evolução do Nó em questão e tentar perceber se uma eventual substituição das luminárias atuais para luminárias LED iria compensar o investimento.

### 10.3 Evolução do Nó de Alfena

Desde a sua conceção e posterior utilização, o Nó de Alfena sofreu algumas alterações no que toca à iluminação pública e gestão da mesma. Em 2012, não existia nenhum regulador de fluxo, pelo que podemos verificar as diferenças de consumo entre, por exemplo, Dezembro de 2012 e Janeiro de 2014, dado que em 2014 já o regulador se encontrava instalado. Recorrendo ao anexo “Consumos do Nó de Alfena em 2014, 2015 e 2016” podemos constatar, que os consumos em Dezembro de 2012 são os seguintes: Ponta: 848,14 kWh; Cheia: 1.606,35 kWh; Vazio: 2.218,48 kWh; Super Vazio: 1.814,08 kWh, enquanto que os consumos em Janeiro de 2014 são os seguintes: Ponta: 412,38 kWh; Cheio: 975,70 kWh; Vazio: 1.143,13 kWh; Super Vazio: 925,35 kWh. Ao debruçarmo-nos sobre estes valores podemos concluir que esta medida foi acertada, dado que a redução do consumo no Nó foi de 46,72%. Outra alteração pode ser verificada através dos consumos de Novembro de 2015, momento em que se começou a desligar a iluminação à meia noite. Desse modo, vamos observar, de igual forma, os consumos em Outubro de 2015 e os consumos em Novembro de 2015. Assim sendo, os valores dos consumos em Outubro de 2015 são os seguintes: Ponta: 103,6131 kWh; Cheio: 879,3108 kWh, Vazio: 944,9647 kWh, Super Vazio: 850,2339

kWh e os valores dos consumos em Novembro de 2015 são os seguintes: Ponta: 438,1869 kWh; Cheio: 789,8859 kWh; Vazio: 461,5070 kWh; Super Vazio: 235,5728 kWh. Ao observar estes valores podemos concluir mais uma vez que esta medida também foi benéfica, dado que a redução foi de 30,7%. Concluindo, podemos constatar que existe uma preocupação em reduzir o consumo de energia e dessa forma, outra medida a considerar seria a alteração das luminárias presentes, que são de Vapor de Sódio de Alta Pressão, para luminárias LED.

Para realizar o estudo sobre a possibilidade de alterar as luminárias de Vapor de Sódio de Alta Pressão para luminárias de LED, recorreu-se ao software DIALUX da *Dial*, que permite realizar o estudo fotométrico. Assim, o primeiro passo foi estudar o caso com as luminárias atuais, tanto em plena via como num ramo de saída.

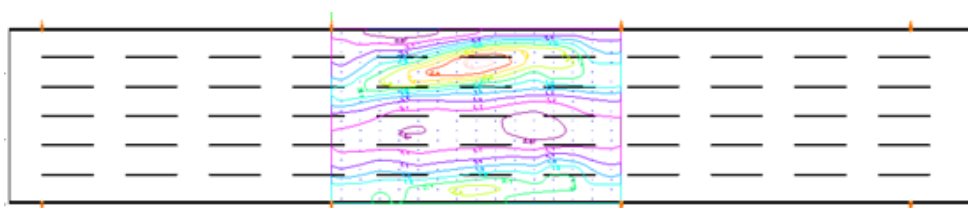


Figura 10.2: Representação em DIALUX da Plena Via do Nó de Alfena



Figura 10.3: Representação em DIALUX do Ramo de Saída do Nó de Alfena

Ao executar o DIALUX com os dados do caso atual verificamos que tanto em plena via como no ramo, a norma europeia EN13201 é cumprida em todos os parâmetros. De seguida são apresentados os valores para ambos os casos, obtidos através do software DIALUX:

<b>Lm</b> <b>[cd/m<sup>2</sup>]</b> <b>≥ 0.50</b>	<b>Uo</b> <b>≥ 0.35</b>	<b>UI</b> <b>≥ 0.40</b>	<b>TI [%]</b> <b>≤ 15</b>	<b>EIR</b> <b>≥ 0.30</b>
✓ 1.59	✓ 0.42	✓ 0.74	✓ 14	✓ 0.57

Figura 10.4: Resultados obtidos através do DIALUX para Plena Via do Nó de Alfena

<b>Lm</b> <b>[cd/m<sup>2</sup>]</b> <b>≥ 0.30</b>	<b>Uo</b> <b>≥ 0.35</b>	<b>UI</b> <b>≥ 0.40</b>	<b>TI [%]</b> <b>≤ 20</b>	<b>EIR</b> <b>≥ 0.30</b>
✓ <b>1.74</b>	✓ <b>0.61</b>	✓ <b>0.74</b>	✓ <b>12</b>	✓ <b>0.62</b>

Figura 10.5: Resultados obtidos através do Dialux para um Ramo de Saída do Nó de Alfena

Após se verificar que todos os parâmetros são cumpridos para ambos os casos, pode-se proceder ao estudo de qual será a melhor luminária LED para substituir as luminárias atuais. Desse modo, foram consideradas três luminárias da marca *Schröder*. De seguida é apresentada uma tabela com as principais características e preços de cada luminária.

<b>Schröder</b>	<b>Potência (W)</b>	<b>Fluxo luminoso (lm)</b>	<b>Fonte</b>	<b>Temperatura de Cor</b>	<b>Preço (€)</b>
<b>Piano Maxi</b>	94	13200	88 LEDs – 350 mA	Branco Neutro	492,46
<b>Teceo 2</b>	86	13280	80 LEDs – 350 mA	Branco Neutro	444,71
<b>Voltana 5</b>	102	12614	64 LEDs – 500 mA	Branco Neutro	356,67

Tabela 10.6: Características das luminárias da *Schröder* consideradas para o estudo [21] [22] [23]

Observando os preços das luminárias consideradas mais acima, a escolha recai sobre a *Voltana 5* da *Schröder*, pois é a luminária, que apresenta o preço mais baixo. Ao multiplicar o preço da luminária pelo número de luminárias, que são 67, obtém-se o valor do investimento que é 23897,02 €. De modo a determinar o tempo de retorno é necessário realizar alguns cálculos, que são apresentados nos anexos. Inicialmente calcula-se os consumos de um ano com as luminárias atuais, que têm uma potência de 250 W, e com as luminárias *Voltana 5*, cuja potência é de 102 W. Depois, multiplica-se o valor dos consumos mensais pelo preço do kW/h e faz-se o somatório de todas as parcelas, obtendo o valor total a pagar no final do ano. Tendo esses valores para ambas as luminárias, subtrai-se o valor total a pagar no final do ano com as luminárias atuais pelo valor total a pagar no final do ano com as luminárias *Voltana 5*, e dessa forma, obtém-se a poupança anual. Por fim, divide-se o investimento (23897,02 €) pela poupança anual (956,73 €) e determina-se o tempo de retorno do investimento. Para este caso, o tempo de retorno do investimento são praticamente 25 anos, o que não é um investimento atrativo. Isto pode ser explicado pelo facto de as luminárias estarem programadas para desligarem à meia noite, o que faz com que o seu tempo de funcionamento seja muito reduzido. Como as luminárias estão ligadas poucas horas por dia, os valores a pagar são muito baixos e por isso, a poupança que a substituição das luminárias proporcionaria não seria suficiente para compensar o investimento. No entanto, deve-se salientar, que para estes cálculos não foram considerados valores de mão de obra para a instalação das luminárias, nem valores de manutenção das luminárias e balastros atuais.

Nas figuras seguintes estão as representações e os resultados obtidos em DIALUX para a plena via e para o ramo de saída do nó de Alfena, utilizando a luminária *Voltana 5*.

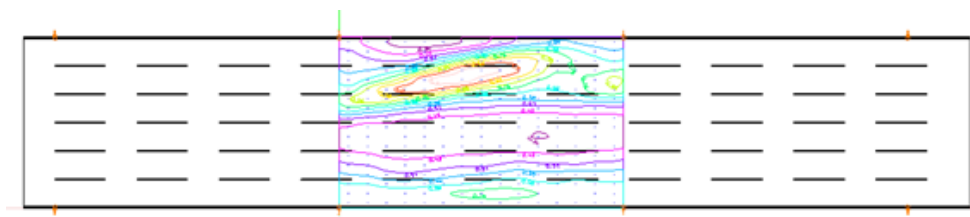


Figura 10.6: Representação em DIALUX da Plena Via do Nó de Alfena com a luminária *Voltana 5*

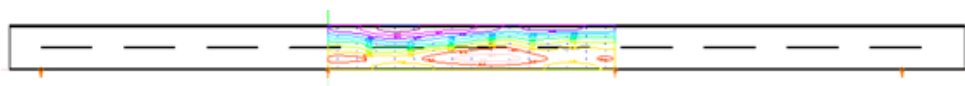


Figura 10.7: Representação em DIALUX do Ramo de Saída do Nó de Alfena com a luminária *Voltana 5*

<b>Lm [cd/m<sup>2</sup>] ≥ 0.50</b>	<b>Uo ≥ 0.35</b>	<b>UI ≥ 0.40</b>	<b>TI [%] ≤ 15</b>	<b>EIR ≥ 0.30</b>
✓ 0.60	✓ 0.50	✓ 0.88	✓ 9	✓ 0.61

Figura 10.8: Resultados obtidos através do DIALUX para Plena Via do Nó de Alfena com a luminária *Voltana 5*

<b>Lm [cd/m<sup>2</sup>] ≥ 0.30</b>	<b>Uo ≥ 0.35</b>	<b>UI ≥ 0.40</b>	<b>TI [%] ≤ 20</b>	<b>EIR ≥ 0.30</b>
✓ 0.63	✓ 0.68	✓ 0.88	✓ 8	✓ 0.68

Figura 10.9: Resultados obtidos através do DIALUX para o Ramo de Saída do Nó de Alfena com a luminária *Voltana 5*



## Capítulo 11

# Nó de Vila Flor

### 11.1 Descrição do Caso de Estudo

O sistema de iluminação rodoviário do Nó de Vila Flor é composto por um total de 93 luminárias, sendo que 36 apresentam uma coluna de iluminação de 12 metros com uma potência de 162 watts, 29 apresentam uma coluna de iluminação de 8 metros com uma potência de 82 watts, duas luminárias são iguais às anteriores, no entanto estão fixas num teto, 8 apresentam uma coluna de iluminação de 12 metros com uma potência de 197 watts e, por fim, 18 apresentam uma coluna de iluminação de 8 metros com uma potência de 102 watts. Estas luminárias estão equipadas com os leds LUXEON Rebel ES, que possuem um tempo de vida útil superior a 60000 horas, um IRC superior a 70, uma temperatura de cor branco frio (5300 K) e uma eficácia luminosa de 135 lm/W a 350 mA. As luminárias em questão são da marca Exporlux e são as RoadLED 180 a 570 mA, RoadLED 90 a 570 mA, RoadLED 180 mA a 700 mA e RoadLED 180 a 700 mA, respetivamente. A classe de pavimento da auto-estrada, de acordo com a tabela seguinte é R3.

Superfície da Estrada	Q0 (Coeficiente de Luminância Médio Normalizado) ( $\text{cd.m}^{-2}.\text{lux}^{-1}$ )	Descrição da Superfície da Estrada
R1	0,10	Betão de cimento Portland
R2	0,07	Asfalto com um mínimo de 60% de cascalho
R3	0,07	Asfalto com agregado escuro
R4	0,08	Asfalto com uma textura muito lisa

Tabela 11.1: Classificação das superfícies de estradas baseada em Q0 [17]

De seguida é apresentada a planta do nó em questão, em que podemos observar a distribuição das luminárias, sendo possível, ainda, diferenciar o tipo de luminárias.

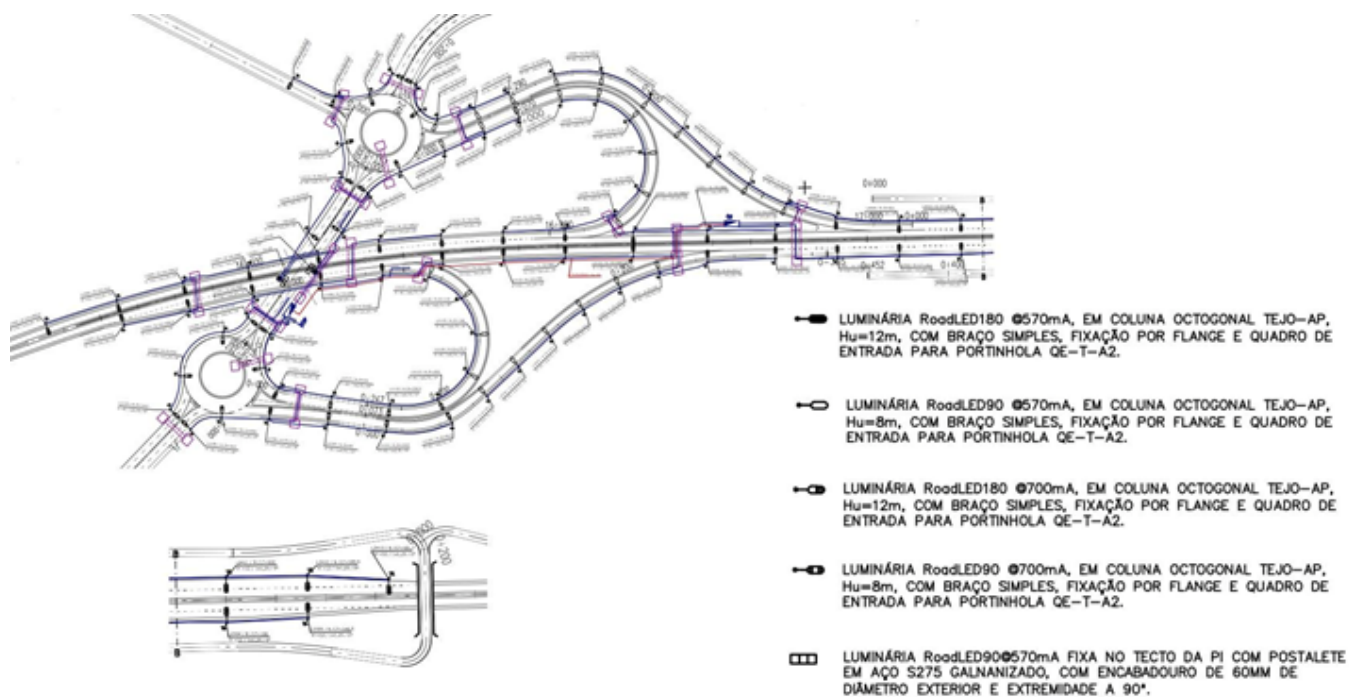


Figura 11.1: Planta do Nó de Vila Flor

Nas próximas tabelas serão apresentadas as características de cada luminária utilizada no nó de Vila Flor.

RoadLED 180 a 570 mA:

Especificações Gerais (*)		Especificações Fotométricas (*)	
	Branco Frio		Branco Frio
Tensão de Entrada	230 V AC	Temperatura de Cor	5300 K
Frequência	50 Hz	Fluxo Luminoso LED	17540 lm
Potência LED	146 W	Fluxo Luminoso Global	14734 lm
Potência de Entrada	162 W	IRC (Índice de Restituição Cromática)	70
Número de LEDs	90	Eficácia Luminosa Global	91 lm/W
Número de Células	6	LOR (Light Output)	84 %
Configuração	6 x 15	ULOR (Upward Light Output Ratio)	0 %
Tempo de Vida Útil Expectável	>60000 H		
Temperatura de Funcionamento	-30 C a +40 C	DLOR (Downward Light Output Ratio)	84 %
Humidade Relativa	10 % a 90 %		
(*) - Valores nominais à temperatura ambiente (Ta) de 25 C.			

Tabela 11.2: Especificações Gerais e Fotométricas da luminária RoadLED 180 a 570 mA

## RoadLED 90 a 570 mA

Especificações Gerais (*)		Especificações Fotométricas (*)	
	Branco Frio		Branco Frio
Tensão de Entrada	230 V AC	Temperatura de Cor	5300 K
Frequência	50 Hz	Fluxo Luminoso LED	8929 lm
Potência LED	74 W	Fluxo Luminoso Global	7500 lm
Potência de Entrada	82 W	IRC (índice de Restituição Cromática)	70
Número de LEDs	45	Eficácia Luminosa Global	91 lm/W
Número de Células	3	LOR (Light Output)	84 %
Configuração	3 x 15	ULOR (Upward Light Output Ratio)	0 %
Tempo de Vida Útil Expectável	>60000 H		
Temperatura de Funcionamento	-30 C a +40 C	DLOR (Downward Light Output Ratio)	84 %
Humidade Relativa	10 % a 90 %		
(*) - Valores nominais à temperatura ambiente (Ta) de 25 C.			

Tabela 11.3: Especificações Gerais e Fotométricas da luminária RoadLED 90 a 570 mA [24]

RoadLED 180 a 700 mA

Especificações Gerais (*)		Especificações Fotométricas (*)	
	Branco Frio		Branco Frio
Tensão de Entrada	230 V AC	Temperatura de Cor	5300 K
Frequência	50 Hz	Fluxo Luminoso LED	20200 lm
Potência LED	177 W	Fluxo Luminoso Global	16968 lm
Potência de Entrada	197 W	IRC (índice de Restituição Cromática)	70
Número de LEDs	90	Eficácia Luminosa Global	86 lm/W
Número de Células	6	LOR (Light Output)	84 %
Configuração	6 x 15	ULOR (Upward Light Output Ratio)	0 %
Tempo de Vida Útil Expectável	>60000 H		
Temperatura de Funcionamento	-30 C a +40 C	DLOR (Downward Light Output Ratio)	84 %
Humidade Relativa	10 % a 90 %		
(*) - Valores nominais à temperatura ambiente (Ta) de 25 C.			

Tabela 11.4: Especificações Gerais e Fotométricas da luminária RoadLED 180 a 700 mA

RoadLED 90 a 700 mA

Especificações Gerais (*)		Especificações Fotométricas (*)	
	Branco Frio		Branco Frio
Tensão de Entrada	230 V AC	Temperatura de Cor	5300 K
Frequência	50 Hz	Fluxo Luminoso LED	10250 lm
Potência LED	93 W	Fluxo Luminoso Global	8610 lm
Potência de Entrada	102 W	IRC (índice de Restituição Cromática)	70
Número de LEDs	45	Eficácia Luminosa Global	84 lm/W
Número de Células	3	LOR (Light Output)	84 %
Configuração	3 x 15	ULOR (Upward Light Output Ratio)	0 %
Tempo de Vida Útil Expectável	>60000 H		
Temperatura de Funcionamento	-30 C a +40 C	DLOR (Downward Light Output Ratio)	84 %
Humidade Relativa	10 % a 90 %		
(*) - Valores nominais à temperatura ambiente (Ta) de 25 C.			

Tabela 11.5: Especificações Gerais e Fotométricas da luminária RoadLED 90 a 700 mA

## 11.2 Implementação do Sistema Fotovoltaico

Para o caso do Nó de Vila Flor foi proposto que se realizasse um estudo relativo à implementação de um sistema fotovoltaico para produzir energia, que se destina ao consumo do Nó. Esse tipo de regime é denominado de UPP. Tratando-se do regime UPP, deve-se ter em conta que um sistema deve considerar duas restrições impostas no Decreto-Lei nº 153/2014 de 20 de Outubro de 2014:

- O sistema fotovoltaico deve ter uma potência inferior à potência contratada;
- A totalidade da produção fotovoltaica não deve ser superior à totalidade do consumo anual de energia.

### 11.2.1 Localização Geográfica e Inclinação dos Painéis

Para a escolha da localização dos painéis pesa o facto de naquela área ser mais fácil aceder à rede elétrica, pelo que facilita a instalação do sistema fotovoltaico. O local em questão pode ser encontrado com as coordenadas 41.301N, -7.158W e recorrendo ao *Google Maps*, podemos ver o local na seguinte figura. [40] [41]



Figura 11.2: Nó de Vila Flor visto por satélite

De seguida, foi utilizado o software online *PGVIS* para determinar a inclinação ótima dos painéis para o local definido e, desse modo, a inclinação ótima são 34 graus. Devido a essa inclinação será necessário colocar os painéis em estruturas, e por isso, será também necessário calcular o espaçamento entre painéis para que não haja sombreamento, em momentos em que estes devam estar sobre incidência solar. [42]

### 11.2.2 Escolha dos Painéis Solares

A determinação dos painéis solares que se irão utilizar é um ponto fulcral para implementar um sistema fotovoltaico, pois saberemos logo à partida a potência máxima que se pode instalar, a área que irão ocupar, a quantidade de energia que será possível produzir e etc.

O painel solar em questão é o MPRIME G Séries GENIUS 4BB 260 da empresa *Martifer*. Este painel tem uma potência de 260W e as suas dimensões são: 1640 x 992 x 40 mm. As principais razões para a sua seleção é o facto de ser produzido pelo uma empresa portuguesa e por ter uma garantia de 25 anos no que toca ao desempenho linear e uma garantia do produto de 10 anos.

Na tabela 11.6 são apresentadas as especificações elétricas do painel solar MPRIME G Séries GENIUS 4BB 260:

<b>Potência Nominal (Wp)</b>	260
<b>Tolerância Potência Positiva</b>	0~+5 W
<b>Corrente em MPP (A)</b>	8,52
<b>Tensão MPP (V)</b>	30,5
<b>Tensão de Circuito Aberto (V)</b>	37,8
<b>Corrente de Circuito Aberto (A)</b>	9,06
<b>Eficiência do Módulo</b>	16,0
<b>Tensão Máxima do Sistema (V)</b>	IEC:1000/UL:1000
<b>Valor Máximo de Fusível de <i>String</i> (A)</b>	15
<b>Temperatura do módulo permitida em serviço contínuo</b>	-40 C até 85 C
<b>NOCT (°C)</b>	462
<b>Coeficientes de Temperatura:</b>	
<b>Potência</b>	-0,43 °C
<b>Tensão</b>	-0,33 °C
<b>Corrente</b>	+0,06 °C

Tabela 11.6: Especificações elétricas do painel solar MPRIME G Séries GENIUS 4BB 260



### 11.2.3 Sombreamento

O sombreamento é um fenómeno que se deve ter em conta aquando da implementação de sistemas fotovoltaicos com estruturas, pois a inclinação que estas proporcionam aos painéis solares implicam que se tenha esse cuidado, pois são os responsáveis por esse fenómeno. Desse modo, deve-se calcular a distância mínima que é necessária para que o sombreamento não prejudique a eficiência dos painéis solares. Recorrendo à seguinte equação é possível então determinar a distância mínima:

$$d = \frac{b \times \sin(180^\circ - \beta - \gamma)}{\sin(\gamma)}$$

Em que:

- $d$  – Distância entre fileiras consecutivas;
- $b$  – Largura do painel;
- $\beta$  – Valor mínimo de altura solar que se está disposto a tolerar no sombreamento;
- $\gamma$  – Inclinação solar mínima que se está disposta a tolerar.

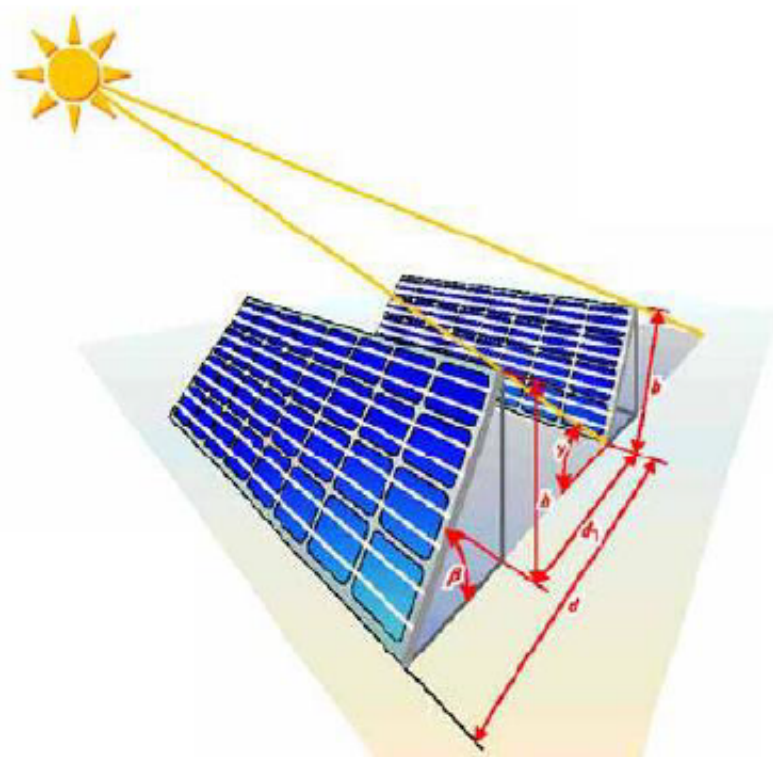


Figura 11.3: Representação das grandezas relevantes para o cálculo da distância mínima

Para determinar valor mínimo de altura solar que se está disposto a tolerar no sombreamento é necessário considerar os seguintes parâmetros:

- Latitude do local ( $lat$ ):  $41,3^\circ$ ;
- Ângulo horário solar ( $hs$ ): na hora em que se realiza o cálculo, o ângulo é nulo ( $0^\circ$ );
- Declinação solar ( $ds$ ): no hemisfério Norte, onde Portugal está situado, o valor para o Solstício de Inverno deste parâmetro é  $-23,45^\circ$ .

Com estes parâmetros, é possível então calcular o  $\beta$ , utilizando a seguinte equação:

$$\sin \beta = \sin(lat) \times \sin(ds) + \cos(lat) \times \cos(ds) \times \cos(hs)$$

Recorrendo à equação anterior, o valor de  $\beta$  é  $25,25^\circ$ .

Agora que estão determinados todos os parâmetros, pode-se finalmente calcular a distância mínima. Recorrendo à equação mais acima, é possível verificar que a distância mínima para evitar que o sombreamento prejudique a eficiência dos painéis solares é 1,53 metros.

#### 11.2.4 Escolha do Inversor

Após a seleção dos painéis fotovoltaicos é necessário escolher o inversor, pelo que a escolha recaiu sobre o Sunny Tripower STP12000TL-20 da empresa *SMA*, que possui uma potência nominal de 12 kW. Ora, este foi o inversor escolhido, devido ao cálculo, que dita a totalidade da potência das luminárias instaladas no nó de Vila Flor. Esse cálculo não é nada mais que a multiplicação do número de luminárias pela sua potência e o somatório de cada parcela, dado que o nó tem presente mais que um tipo de luminária e cada tipo possui uma potência diferente. Recorrendo a este cálculo, verificou-se que a potência total das luminárias instaladas no nó de Vila Flor é 11786 W e é por isso que se selecionou este inversor, pois possui uma potência superior aos 11786 W resultantes do cálculo anteriormente referido. Também se pode concluir que para este caso apenas será necessário um inversor.

A nível de características, este inversor trifásico com tecnologia *Multi-String* é muito flexível no que diz respeito ao dimensionamento do sistema e possui duas entradas MPP. Adicionalmente cumpre com todos os requisitos, o que significa elevada fiabilidade na gestão da rede. Também deteta falhas em *strings* e tem um descarregador de sobretensões integrado, assegurando, dessa forma, uma máxima disponibilidade. A sua máxima eficiência é de 98%, pelo que é uma muito elevada. O Sunny Tripower STP12000TL-20 tem uma garantia de 5 anos. [43] [44]

Para um maior detalhe das suas características, é possível consultar a ficha técnica deste inversor, que se encontra nos anexos.

### 11.2.5 Número Máximo e Mínimo de Painéis por *String*

Este passo é essencial na projeção de um sistema fotovoltaico, pois é necessário assegurar que a tensão de entrada do inversor é superior à tensão em circuito aberto da *string*, caso ocorra uma interrupção abrupta do sistema, onde a tensão em circuito aberto é enorme.

Para determinar estes valores tem de ser ter em consideração o inversor escolhido, devido à potência de saída do módulo. O número máximo de painéis por *string* é determinado pela razão entre a tensão de entrada do inversor e a tensão em circuito aberto do módulo à sua temperatura mínima. Em relação ao número mínimo é calculado pela razão entre a tensão mínima de entrada do inversor e a tensão do MPP à temperatura de 70°C. Para isso é necessário determinar a tensão em circuito aberto do painel e a tensão do MPPT para a temperaturas mínima e máxima mais desfavoráveis. Considerando 25°C o valor standard da temperatura, os valores mínimo e máximo teóricos são -10°C e 70°C, respetivamente.

De seguida, são apresentados os cálculos para determinar o número máximo e mínimo de painéis por *string*:

$$V_{ca}(-10^{\circ}\text{C}) = \left(1 - \frac{\Delta T \times \beta}{100}\right) \times V_{oc} = 41,61\text{V}$$

$$V_{mpp}(70^{\circ}\text{C}) = \left(1 - \frac{\Delta T \times \beta}{100}\right) \times V_{mpp} = 33,47\text{V}$$

$$N_{min,paineis} = \frac{V_{minDcinv}}{V_{mpp}(70^{\circ}\text{C})} = 4,48 \approx 5 \text{ paineis/string}$$

$$N_{max,paineis} = \frac{V_{maxDcinv}}{V_{ca}(-10^{\circ}\text{C})} = 24,03 \approx 24 \text{ paineis/string}$$

Em que:

- $V_{minDcinv} = 150\text{V}$
- $V_{maxDcinv} = 1000\text{V}$

Estes valores encontram-se descritos na ficha técnica do inversor, que se encontra nos anexos.

Após o cálculo efetuado, que dita que a potência total das luminárias instaladas no nó em questão é 11786 W, podemos determinar o número de painéis que é necessário instalar. Para esse efeito, dividiu-se os 11786 W por 260 W, que é a potência de cada painel e o resultado desse cálculo 45,331, o que significa que serão necessários 46 painéis. Como o máximo de painéis por *string* é 24, então podemos dividir em duas *strings* os 46 painéis, o que faz com que em cada *string* sejam instalados 23 painéis.

### 11.2.6 Dimensionamento dos cabos e proteções

Um sistema fotovoltaico está em dividido em duas partes, que é a parte DC e a parte AC. Assim sendo, os cabos que são utilizados num sistema fotovoltaico também são divididos em cabos DC e cabos AC. Os cabos DC correspondem a todos os cabos que são aplicados no sistema antes do inversor, isto é, os cabos que conectam os módulos às *strings* e posteriormente as *strings* ao inversor. Os cabos AC encarregam-se de conectar todos os componentes após a conversão da corrente DC para AC no inversor, que é o caso da ligação do inversor a um Armário de Distribuição, que depois irá conectar o Armário de Distribuição a um Posto de Transformação.

#### 11.2.6.1 Cabos DC

A seleção da cablagem também é essencial no processo de implementação de um sistema fotovoltaico, pois devem ser dimensionados de forma a suportarem as correntes que os percorrem. Outro dever dos cabos é garantir igualmente a segurança do sistema. Com esse intuito, deve-se ter em conta o caso mais desfavorável, isto é, considerar temperaturas elevadas, uma vez que a corrente está proporcionalmente relacionada com a temperatura. Desse modo, é possível assegurar que o cabo consegue suportar correntes mais elevadas. O cabo deve suportar uma sobrecarga de corrente até 25% superior à corrente de curto-circuito dos painéis e, por isso, o primeiro cálculo a realizar é o seguinte:

$$I_z \geq 1,25 \times I_{sc}$$

Depois devemos determinar a secção do cabo, tendo em conta que devemos cumprir a seguinte condição:

$$I_{cabo} \leq I_z$$

Portanto para calcular a secção mínima do cabo recorre-se à equação:

$$S > \frac{2 \times L \times I_{cabo}}{0,01 \times V \times \sigma}$$

Em que:

- L – Comprimento do cabo para o caso mais desfavorável (m)
- $I_{cabo}$  – Corrente nominal do cabo (A)
- 0,01 – Garante que a condição de queda de tensão é cumprida (máximo de 1%)
- V – Tensão de uma fileira (V)
- $\sigma$  – Condutividade do cobre (S.m/mm<sup>2</sup>)

No entanto, com recurso ao software Sunny Design, não é necessário efetuar estes cálculos, dado que o programa calcula de forma automática, sendo apenas necessário introduzir alguns dados como os painéis e o inversor a utilizar. Considerando que por norma, a secção dos cabos DC é  $4 \text{ mm}^2$  e que a nível de comprimento, introduz-se 1 m de comprimento por painel, sendo necessário mais 1 m para o regresso da string, considera-se que o comprimento dos cabos são 50 m, de modo a dar uma margem de erro. Portanto, com a introdução desses valores no Sunny Design, é possível verificar que as condições são cumpridas, tendo uma queda de tensão de 4,2V e uma potência dissipada relativa de 0,64%.

Na figura 11.4, podemos verificar os valores gerados pelo software.

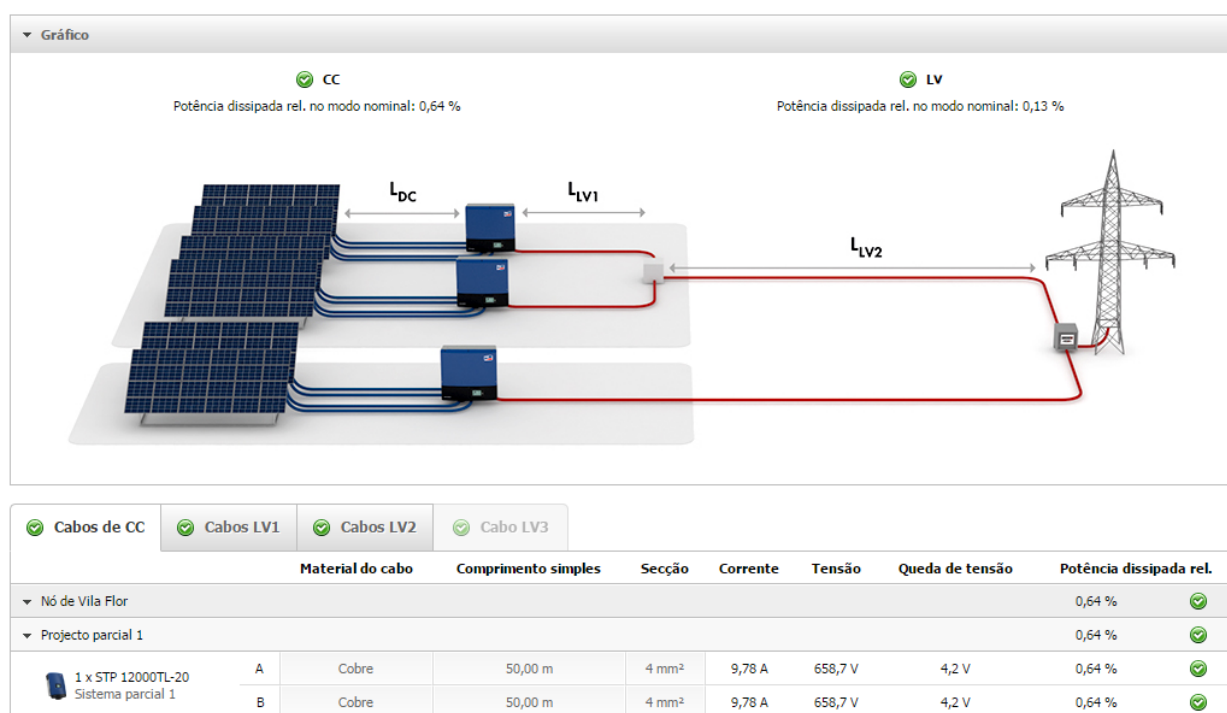


Figura 11.4: Valores gerados pelo *Sunny Design* para os cabos DC [4]

## Proteção do Lado DC

### Fusível

Os fusíveis encontram-se entre os painéis solares e o inversor, sendo que existem dois fusíveis por cada *string*, estando um no terminal positivo do cabo e outro para o terminal negativo do cabo. Este posicionamento dos fusíveis serve para isolar eletricamente e proteger cada *string*.

Portanto, para dimensionar os fusíveis é necessário realizar alguns cálculos, sendo que o primeiro é calcular a tensão do fusível.

$$V_{fusivel} \geq 1,15 \times N \times V_{oc}$$

Em que:

- $V_{fusivel}$  – Tensão do fusível (V)
- $N$  – Número de painéis por string
- $V_{oc}$  – Tensão de circuito aberto do painel

E tendo em conta que:

- $N=23$
- $V_{oc}=37,8$  V

Podemos então proceder ao cálculo:

$$V_{fusivel} \geq 1,15 \times 23 \times 37,8 = 999,81V$$

O outro cálculo a realizar é para determinar a corrente nominal de um fusível.

$$I_n > 1,56 \times I_{sc}$$

Em que:

- $I_n$  – Corrente nominal de um fusível (A)
- $I_{sc}$  – Corrente de curto-circuito da célula (A)

E tendo em conta que:

- $I_{sc} = 9,06$  A

Podemos então proceder ao cálculo:

$$I_n > 1,56 \times 9,06 = 14,1336A$$

O fusível a selecionar deve ter a  $V_{fusivel}$  superior a 999,81 V e uma  $I_n$  superior 14,1336 A. Desse modo, pode-se escolher o fusível com a referência LF315PV da marca *Hager*, pois tem uma tensão de 1000 V e uma corrente de 15 A, cumprindo a exigência. [45]

Dado que para cada *string* são necessários dois fusíveis, para este caso tem de se adquirir quatro unidades.

Características técnicas	
Característica do fusível	gPV
Intensidade nominal	15 A
Poder de corte estipulado	30 kA
Tensão estipulada de utilização em DC	1000 V
Temperatura de funcionamento	-25 a 70 °C

Tabela 11.7: Características técnicas do fusível

Para alojar os fusíveis são necessários quatro corta-circuitos porta fusíveis, sendo que o corta-circuitos porta fusíveis escolhido tem a referência L501PV. [46]

Características técnicas	
Intensidade nominal	32 A
Corrente estipulada nominal do fusível	2/4/6/8/10/12/16/20/25/32 A
Tensão alternada estipulada de utilização	690/1000 V
Tensão estipulada de utilização em DC	1000 V
Nº de módulos	1
Nº de pólos	1 P
Frequência de funcionamento	50 Hz
Característica do fusível	gPV
Secção de ligação em cabo flexível	10 mm <sup>2</sup>
Secção de ligação em cabo rígido	16 mm <sup>2</sup>
Temperatura de funcionamento	-25 a 50 °C

Tabela 11.8: Características técnicas do corta-circuitos porta fusíveis

### Interruptor DC

Agora é necessário dimensionar os interruptores DC, de modo a assegurar que funcionam à tensão máxima em circuito aberto à temperatura de -10 °C e que suportam uma corrente até 25% da corrente máxima do sistema.

Este interruptor encontra-se entre o inversor e uma fileira de *strings* e tem como objetivo isolar manualmente essa parte do sistema para que seja possível fazer a sua instalação e manutenção.

Para dimensionar os interruptores DC iremos recorrer às seguintes equações:

$$V_n \geq V_{ca}(-10^\circ C) \times N$$

$$I_{nDC} > 1,25 \times I_{sc}$$

Em que:

- $V_n$  – Tensão nominal do interruptor (V)
- $V_{ca}(-10^\circ C)$  – Tensão em circuito aberto do painel à temperatura de  $-10^\circ C$
- $N$  – Número de painéis por *string*
- $I_{nDC}$  – Corrente do interruptor
- $I_{sc}$  – Corrente de curto-circuito aberto da célula (A)

E tendo em conta que:

- $V_{ca}(-10^\circ C) = 41,61 \text{ V}$
- $N=23$
- $I_{sc} = 9,06 \text{ A}$

Podemos então proceder aos cálculos:

$$V_n \geq 41,61 \times 23 = 957,03V$$

$$I_{nDC} > 1,25 \times 9,06 = 11,325A$$

Após terminar estes cálculos, é possível selecionar um interruptor de corte DC, sabendo que  $V_n$  tem de ser superior a 957,03 V e que  $I_{nDC}$  tem de ser superior a 11,325 A. Para esse efeito foi escolhido o interruptor DC com a referência SB432PV da *Hager*. Para este caso apenas será necessária uma unidade. [47]



De seguida são apresentadas as características do interruptor DC:

<b>Características técnicas</b>	
<b>Intensidade nominal</b>	32 A
<b>Nº de pólos</b>	4 P
<b>Nº de módulos</b>	3,5
<b>Tensão estipulada de utilização em DC</b>	1000 V
<b>Temperatura de funcionamento</b>	-40 a 65 °C

Tabela 11.9: Características técnicas do interruptor DC

#### 11.2.6.2 Cabos AC

Os cabos AC podem ser divididos em duas partes, dado que uma parte faz a ligação entre o inversor e o armário de distribuição (AD) e a segunda parte conecta o armário de distribuição ao Quadro de Entrada.

Assim sendo, inicialmente é necessário dimensionar o cabo AC que liga o inversor ao AD, sendo que para dimensionar corretamente este cabo é necessário que se obedeça a duas condições: a condição de queda de tensão e a condição de aquecimento.

Devido à possibilidade de o armário poder estar próximo do inversor, utiliza-se um cabo de 3 m e de acordo com o RTIEBT, a secção do cabo em questão deverá ser de 6 mm<sup>2</sup>. [5] Agora que o comprimento e a secção do cabo estão definidos, pode-se proceder à verificação das condições. A primeira condição a verificar é, portanto, a condição de queda de tensão, que deve ser inferior a 1% e é calculada pela seguinte equação:

$$\Delta V = r_F(90^\circ C) \times L \times I_b$$

Em que:

- $\Delta V$  – Queda de tensão num condutor (V)
- $r_F(90^\circ C)$  – Resistência linear do condutor de fase para a temperatura máxima de funcionamento (PEX) ( $\Omega$ )
- $L$  – Comprimento do cabo (m)
- $I_b$  – Corrente de serviço (A)

No entanto, mais uma vez, devido ao *software Sunny Design*, podemos verificar que esta condição é verificada, sendo a queda de tensão inferior a 1%.

Estando a condição de queda de tensão verificada, pode-se verificar a condição de aquecimento. Para verificar a condição de aquecimento, deve-se recorrer ao quadro 52-C4 do RTIEBT, que é apresentado de seguida, para perceber qual é a corrente máxima admissível para este caso. Ao observar o quadro 52-C4 constata-se que é necessário saber qual o método de referência aplicável a esta situação, sendo possível determinar isso recorrendo ao quadro 52H do RTIEBT. Ora, observando o quadro 52H, é possível concluir que será o método de referência C, pois trata-se de um cabo trifásico com condutores de secção circular, fixado à parede e com isolamento a XLPE. Após ter conhecimento do método de referência, retira-se do quadro 52-C4 a corrente máxima admissível que é 52 A, sendo possível concluir que obedece à condição de aquecimento. [5]

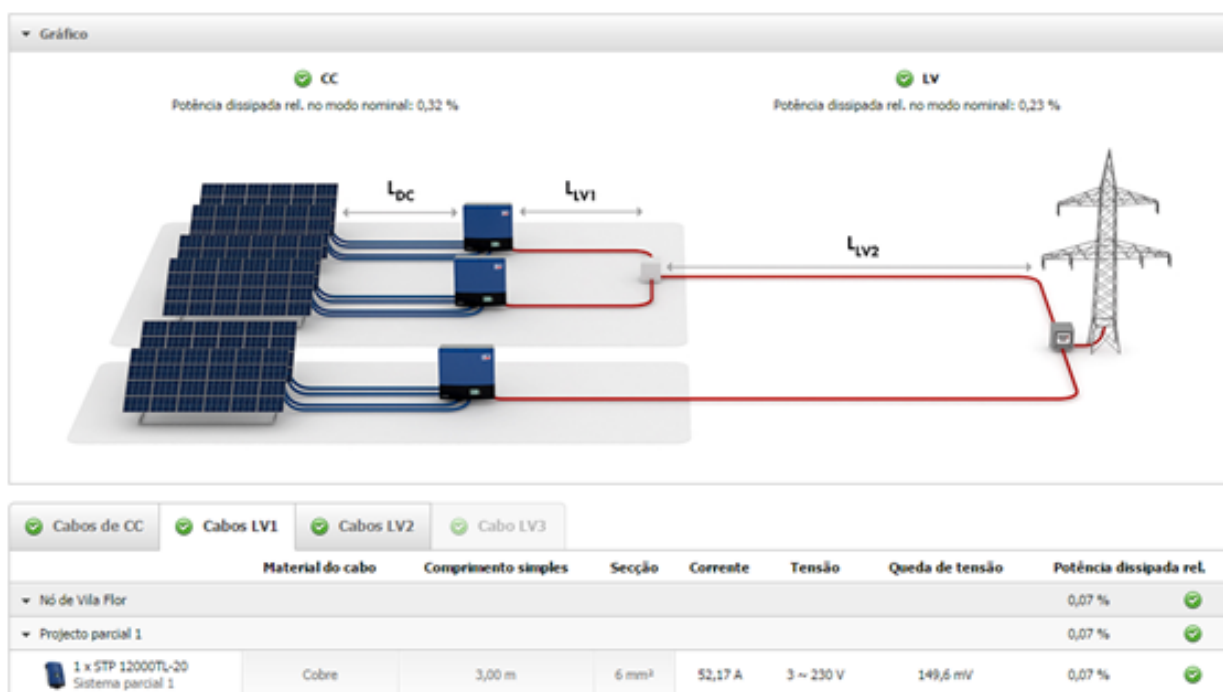


Figura 11.5: Valores gerados pelo *Sunny Design* para os cabos LV1 [4]

Secção nominal dos condutores (mm <sup>2</sup> )	Método de referência		
	A	B	C(*)
<i>Condutores de cobre</i>			
1,5	17,0	20,0	22
2,5	23	28	30
4	31	37	40
6	40	48	52
10	54	66	71
16	73	88	96
25	95	117	119
35	117	144	147
50	141	175	179
70	179	222	229
95	216	269	278
120	249	312	322
150	285	-	371
185	324	-	424
240	380	-	500
300	435	-	576
<i>Condutores de alumínio</i>			
2,5	19,0	22	24
4	25	29	32
6	32	38	41
10	44	52	57
16	58	71	76
25	76	93	90
35	94	116	112
50	113	140	136
70	142	179	174
95	171	217	211
120	197	251	245
150	226	-	283
185	256	-	323
240	300	-	382
300	344	-	440
(*) - Para $S \leq 16 \text{ mm}^2$ , admitiu-se que os condutores eram de secção circular e para $S > 16 \text{ mm}^2$ , de secção sectorial (aplicável também a condutores de secção circular).			

Figura 11.6: Quadro 52-C4 do RTIEBT [5]

Depois de dimensionar os cabos que ligam o inversor ao AD, deve-se dimensionar, portanto, os cabos que conectam o armário de distribuição ao QE. Mais uma vez, nesta situação, as condições de queda de tensão e de aquecimento devem ser verificadas. Tal como na situação anterior, dada a possibilidade de o armário de distribuição poder estar próximo do quadro geral, considera-se que o comprimento do cabo é de 5 m. Segundo o RTIEBT, a secção do cabo em questão deve ser  $10 \text{ mm}^2$ . Ao recorrer, novamente, ao *software Sunny Design*, constata-se que a queda de tensão é inferior a 1% e, por isso, a condição de queda de tensão é verificada. Para verificar a condição de aquecimento, é necessário ver no quadro 52-C30, que está apresentado mais abaixo, qual é a corrente suportada. Para esta situação, recorre-se a esse quadro, pois o método de referência é o D, dado que se trata de um cabo trifásico, enterrado e com isolamento XLPE. Observando o quadro, podemos retirar que a corrente suportada para um cabo trifásico com uma secção de  $10 \text{ mm}^2$  e com isolamento XLPE é 87 A. No entanto, tal como está indicado no quadro, deve-se multiplicar esse valor por 0,8, resultando dessa multiplicação o valor 69,6 A, sendo possível concluir que a condição de aquecimento também é verificada. [5]

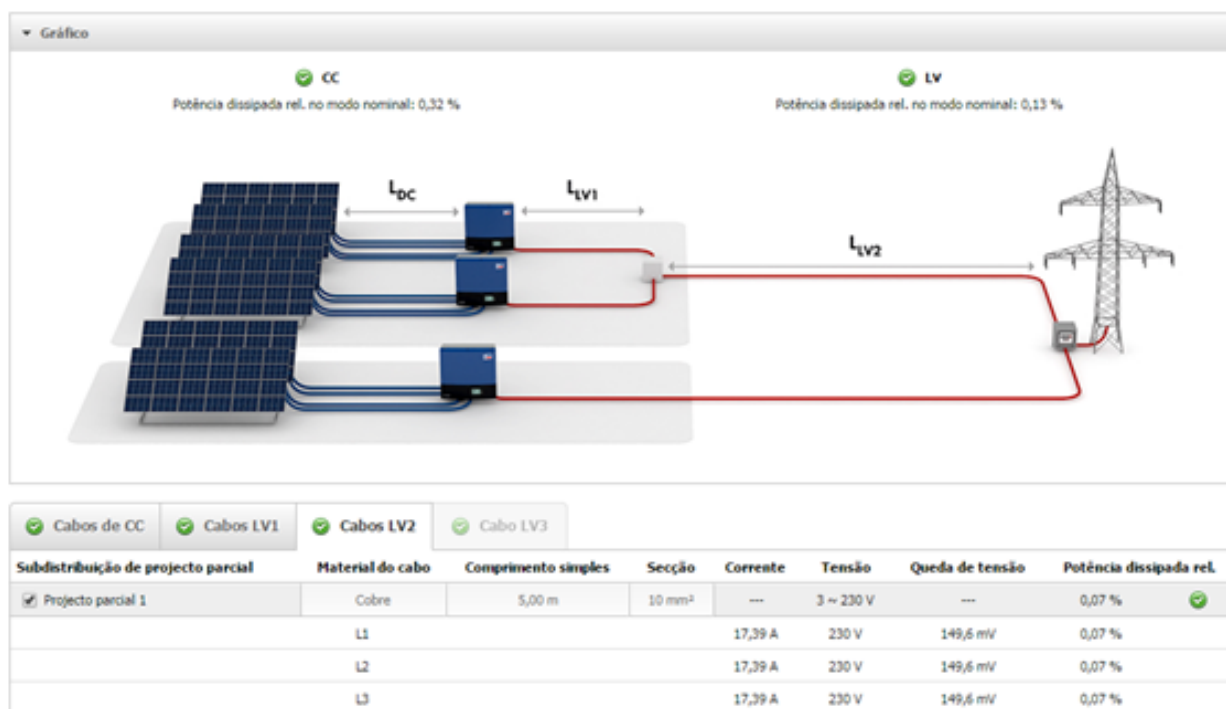


Figura 11.7: Valores gerados pelo *Sunny Design* para os cabos LV2 [4]

Secção nominal dos condutores (mm <sup>2</sup> )	Número de condutores carregados e natureza do isolamento			
	3 PVC	2 PVC	3 XLPE	2 XLPE
<i>Condutores de cobre</i>				
1,5	26	32	31	37
2,5	34	42	41	48
4	44	54	53	63
6	56	67	66	80
10	74	90	87	104
16	96	116	113	136
25	123	148	144	173
35	147	178	174	208
50	174	211	206	247
70	216	261	254	304
95	256	308	301	360
120	290	351	343	410
150	328	397	387	463
185	367	445	434	518
240	424	514	501	598
300	480	581	565	677
<i>Condutores de alumínio</i>				
10	57	68	67	80
16	74	88	87	104
25	94	114	111	133
35	114	137	134	160
50	134	161	160	188
70	167	200	197	233
95	197	237	234	275
120	224	270	266	314
150	254	304	300	359
185	285	343	337	398
240	328	396	388	458
300	371	447	400	520
Para cabos enterrados e colocados dentro de tubos ou de travessias, os valores indicados no quadro devem ser multiplicados por 0,80. Atendendo a que as correntes admissíveis foram calculadas para uma resistividade térmica do solo igual a 1K.m/W, é necessário considerar os factores de correcção.				

Figura 11.8: Quadro 52-C30 do RTIEBT [5]

## Proteção do Lado AC

### Interruptor Omnipolar Geral

O interruptor omnipolar geral tem como função proteger o sistema e deve ser instalado no quadro geral de baixa tensão. Este componente deve ter um poder de corte suficiente para as correntes de serviço. A equação apresentada de seguida permite obter essa corrente:

$$I = \frac{P}{V \times \cos \varphi}$$

Em que:

- P – Potência de pico da instalação, sendo obtida através da multiplicação entre a potência de cada painel, o número de painéis por fileira, o número de fileiras ligadas a cada inversor e o número de inversores
- $\cos \varphi = 1$
- V – Tensão

De seguida, é calculado a corrente de serviço, de acordo com a equação anterior:

$$P = 260 \times 23 \times 2 \times 1 = 11960W$$

$$V = 3 \times 230 = 690V$$

$$I = \frac{11960 \times 1}{690} = 17,33A$$

Após efetuar estes cálculos, constata-se que o interruptor deve conseguir suportar uma corrente de serviço de 17,33 A.

O interruptor selecionado é da marca Hager e a sua referência é a HAC406.[48]

Características técnicas	
Nº de pólos	4 P
Intensidade nominal	63A
Tensão alternada estipulada de utilização	380/415 V
Tensão estipulada de isolamento	800 V
Nº de módulos	4
Secção de ligação em cabo rígido	35 mm <sup>2</sup>

Tabela 11.10: Características técnicas do interruptor omnipolar geral

### Disjuntor AC

O disjuntor AC tem como função proteger o cabo que conecta o inversor ao armário de distribuição. De modo a garantir essa proteção, deve-se verificar o cumprimento da condição de sobrecarga do cabo, tendo em conta os seguintes parâmetros: [49]

$$I_s \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1,45 \times I_z$$

Em que:

- $I_s$  – Corrente de serviço (17,3 A)
- $I_n$  – Calibre de proteção
- $I_z$  – Corrente admissível (90,4 A)

O disjuntor escolhido para este caso é da marca *Hager* e a sua referência é a NKN450. Na tabela seguinte são apresentadas as características do disjuntor. [50]

Características técnicas	
<b>Intensidade nominal</b>	50 A
<b>Poder de corte estipulado</b>	10 kA
<b>Curva</b>	C
<b>Tensão alternada estipulada de utilização</b>	230/400 V
<b>Frequência de funcionamento</b>	50/60 Hz
<b>Poder de corte de serviço conforme EN60898</b>	7,5 kA
<b>Nº de módulos</b>	4
<b>Nº de pólos</b>	4 P
<b>Temperatura de funcionamento</b>	-25 a 60 °C

Tabela 11.11: Características do disjuntor AC

### Interruptor Diferencial AC

Um interruptor diferencial deve ser instalado no lado AC, devido ao facto de os inversores não possuírem um transformador de isolamento e as massas estarem ligadas à terra. A sensibilidade geral do interruptor diferencial deve ser de 30 mA, pois, assim, coincide com os valores habituais das correntes residuais capacitivas em sistemas fotovoltaicos.

Para este caso, o interruptor diferencial seleccionado é da marca *Hager* e a sua referência é a CDC463A, sendo necessário uma unidade. [51]

Características técnicas	
Nº de pólos	4 P
Tipo de proteção diferencial	AC
Sensibilidade diferencial	30 mA
Intensidade nominal	63 A
Frequência de funcionamento	50 Hz
Tensão alternada estipulada de utilização	230/400 V
Nº de módulos	4
Secção de ligação em cabo flexível	16 mm <sup>2</sup>
Secção de ligação em cabo rígido	25 mm <sup>2</sup>
Temperatura de funcionamento	-5 a 40 °C

Tabela 11.12: Características técnicas do interruptor diferencial AC



### 11.2.7 Análise Económica

Após terminar o dimensionamento do sistema fotovoltaico, é essencial realizar a análise económica do projeto, de forma a entender se é viável proceder à sua conceção.

Dessa forma, na tabela seguinte são apresentados os componentes a utilizar e os respetivos preços por unidade bem como o preço total. No final é determinado o preço do investimento.

Equipamento	Designação	Quantidade	Preço por unidade (€)	Preço Total (€)
Cabo DC	BOB. SOLAR ZZ-F 0,6/1 1x4mm PT	100 m	0,68/m	68
Cabos AC	BOB. VV/XV 4 x 6 S/TERRA	3 m	1,88/m	5,64
	BOB. VV/XV 4 x 10 S/TERRA	5 m	3,39/m	16,95
Fusível DC	LF315PV	4	6,31	25,24
Corta-circuitos porta fusíveis	L501PV	4	5,06	20,24
Interruptor DC	SB432PV	1	193,22	193,22
Interruptor Omnipolar Geral	HAC406	1	51,62	51,62
Disjuntor AC	NKN450	1	200,43	200,43
Interruptor Diferencial AC	CDC463A	1	167,92	167,92
Painel	MPRIME G Séries GENIUS 4BB 260	46	150	6900
Suporte Painel		46	41,4	1904,4
Inversor	Sunny Tripower STP12000TL-20	1	3212,3	3212,34
Armário	ADE 85,59	1	338,5	338,5
Mão de obra				2623,13
				15727,63

Tabela 11.13: Orçamento para o Projeto Fotovoltaico

Na figura 11.9 são apresentadas as informações do projeto.

▼ Informações do projecto			
Quantidade total de módulos FV	46	Rendimento energético anual	18.459,70 kWh
Potência de pico	11,96 kWp	Fator de utilização da energia	100 %
Número de inversores fotovoltaicos	1	Rácio de desempenho	86,3 %
Potência nominal CA dos inversores fotovoltaicos	12,00 kW	Rendimento energético espec.	1543 kWh/kWp
Potência activa CA	12,00 kW	Perdas em linha (em % de energia FV)	---
Relação de potência activa	100,3 %	Carga desequilibrada	0,00 VA

Figura 11.9: Informações do Projeto

De seguida é apresentado, através de um gráfico retirado do *Sunny Design*, o rendimento energético por mês.

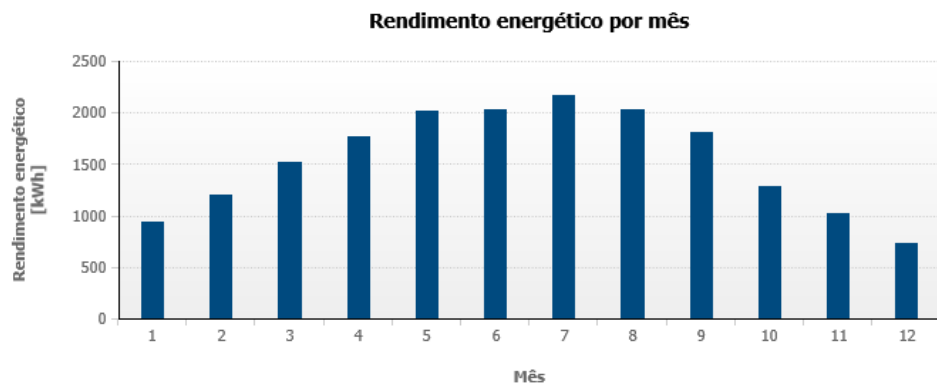


Figura 11.10: Rendimento Energético por Mês

Tal como seria esperado, os meses em que se verifica maior produção são Maio, Junho, Julho e Agosto. Isto pode ser explicado pelo número de horas de exposição solar ser superior em relação aos restantes meses do ano e também pelo fato do Sol se encontrar numa posição mais alta, o que se torna uma vantagem a nível de incidência nos painéis.

Para esta situação, o sistema é considerado uma Unidade de Pequena Produção (UPP). Isto significa que toda a energia elétrica ativa produzida é injetada na Rede Elétrica de Serviço Público (RESP), sendo remunerado em 0,095 €/kWh, tendo em conta a tarifa de referência. [52]

De seguida é apresentada uma tabela com os cálculos efetuados para determinar o retorno do investimento. Nestes cálculos é considerada uma taxa de encarecimento de 3%.

Anos	Lucro Anual (€)	Saldo (€)
0	0,00	-15727,63
1	1753,67	-13973,96
2	1806,28	-12167,68
3	1860,47	-10307,21
4	1916,28	-8390,92
5	1973,77	-6417,15
6	2032,99	-4384,16
7	2093,98	-2290,19
8	2156,79	-133,39
9	2221,50	2088,10
10	2288,14	4376,25
11	2356,79	6733,04
12	2427,49	9160,53
13	2500,32	11660,84
14	2575,33	14236,17
15	2652,59	16888,76
16	2732,16	19620,92
17	2814,13	22435,05
18	2898,55	25333,60
19	2985,51	28319,11
20	3075,07	31394,18
21	3167,33	34561,51
22	3262,35	37823,85
23	3360,22	41184,07
24	3461,02	44645,09

Tabela 11.14: Retorno do Investimento

Ao observar a tabela 11.14, constata-se que o tempo de retorno do investimento são 9 anos, sendo por isso um investimento interessante, uma vez que o retorno do investimento é atingido bastante antes dos 25 anos de vida dos painéis, conseguindo uma boa margem de lucro nos anos seguintes.

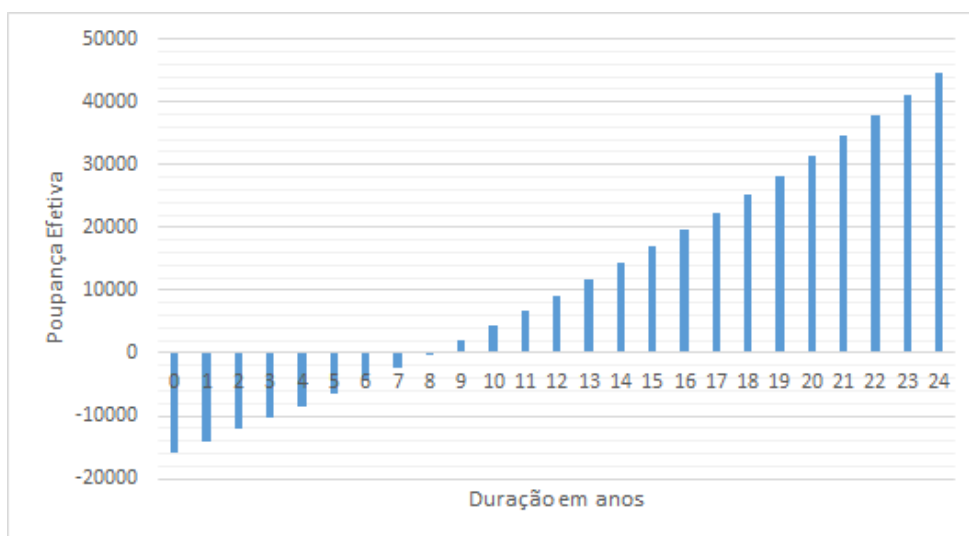


Figura 11.11: Poupança Efetiva

### 11.2.8 Manutenção

Os painéis fotovoltaicos ao estarem instalados no exterior, estão sujeitos a poeiras e outros resíduos como, por exemplo, folhas de árvores. Assim, torna-se essencial uma manutenção cuidada, de forma a retirar o máximo rendimento dos painéis fotovoltaicos. A manutenção, em questão, não é nada mais, que ir verificando se estes detritos não se vão acumulando nas superfícies dos painéis.

Verificar o ângulo de inclinação dos painéis é outra medida associada à manutenção, pois o desgaste da estrutura e o próprio vento podem alterar o ângulo de inclinação, resultando numa redução do rendimento do sistema fotovoltaico.

As ligações elétricas também devem ser verificadas para perceber se existe alguma oxidação, de modo a prevenir algum inconveniente que possa advir dessa situação.

## Capítulo 12

# Conclusões e Trabalho Futuro

### 12.1 Conclusões

Esta dissertação abordou dois casos de estudo: o Nó de Alfena e o Nó de Vila Flor. Em ambos os casos o objetivo era reduzir os consumos energéticos, recorrendo à eficiência energética e optando por uma política sustentável.

#### **Tarifários**

Neste capítulo foram abordados os dois casos de estudo. Dessa forma, foi realizado um estudo com o intuito de concluir qual o melhor tarifário para Baixa Tensão Normal, que é o caso do Nó de Vila Flor e o melhor tarifário para Média Tensão, que é o caso do Nó de Alfena. Para BTN foram considerados sete tarifários de cinco companhias e para MT foram analisados sete tarifários de três companhias. Para ambos os casos, é possível concluir que os tarifários em vigor não são os mais indicados, pelo que se poderia reduzir a faturação energética. Tanto para o Nó de Vila Flor como para o Nó de Alfena, a companhia atual é a Iberdrola. Para o Nó de Vila Flor, a companhia mais indicada seria a Galp, enquanto que para o Nó de Alfena, a melhor opção seria a Fenosa.

#### **Iluminação**

Neste capítulo apenas foi abordado o caso do Nó de Alfena, tendo sido proposto realizar um estudo com o objetivo de substituir as luminárias atuais por luminárias LED. No entanto, esta solução não se revelou viável, dado que o retorno do investimento seriam 25 anos. Isto pode ser explicado pelo facto de as luminárias estarem programadas para desligarem à meia noite, o que faz com que o seu tempo de funcionamento seja muito reduzido. Como as luminárias estão ligadas poucas horas por dia, os valores a pagar são muito baixos e por isso, a poupança que a substituição das luminárias proporcionaria não seria suficiente para compensar o investimento.

### **Projeto Fotovoltaico**

Neste capítulo apenas foi abordado o caso do Nó de Vila Flor. O estudo consistiu em implementar um sistema fotovoltaico com um intuito de ser uma Unidade de Pequena Produção, isto é, produzir energia e posteriormente vender essa energia à rede. Esta solução demonstrou ser bastante atrativa, dado que o retorno do investimento é atingido ao fim de 9 anos e que ao fim de 25 anos é possível ter um lucro de 44645€.

## **12.2 Trabalho Futuro**

A realização desta dissertação comprova que a eficiência energética é uma medida que deve ser implementada em maior volume, pois permite reduzir os consumos energéticos e ter um cuidado com o ambiente, que se revela cada vez mais importante. Embora, no caso do Nó de Alfena, a substituição das luminárias de vapor de sódio de alta pressão por luminárias LED não seja uma solução viável, atualmente, em diversas situações, as luminárias LED já são uma solução viável. Com a tendência dos preços diminuírem, num futuro próximo, esta será com certeza uma solução bastante atrativa. Os sistemas fotovoltaicos são uma solução viável, dado que facilmente se atinge o retorno do investimento e consequentemente se obtém boas margens de lucro.

## **Anexo A**

# **Consumos**

### **A.1 Consumos do Nó de Vila Flor**

Empresa	CPE	Nome Instalação	Tarifa	Potência Contratada	Regime	Duração	Ciclo Horário
ODI	PT0002000116978493LJ	NÓ VILA FLOR+PTZ5107	BTN	27.60	TRI-HORÁRIO	MÉDIAS	SEMANAL S/ FERIADOS

Simplex Janeiro (kWh)	Vazio Janeiro (kWh)	Super/Fora Vazio Janeiro (kWh)	Ponta Janeiro (kWh)	Cheia Janeiro (kWh)
0,0000	3.132,4194	0,0000	649,4815	1.456,7887

Simplex Fevereiro (kWh)	Vazio Fevereiro (kWh)	Super/Fora Vazio Fevereiro (kWh)	Ponta Fevereiro (kWh)	Cheia Fevereiro (kWh)
0,0000	2.755,0000	0,0000	441,5250	1.120,8500

Simplex Março (kWh)	Vazio Março (kWh)	Super/Fora Vazio Março (kWh)	Ponta Março (kWh)	Cheia Março (kWh)
0,0000	2.747,6842	0,0000	307,0105	1.121,4632

Simplex Abril (kWh)	Vazio Abril (kWh)	Super/Fora Vazio Abril (kWh)	Ponta Abril (kWh)	Cheia Abril (kWh)
0,0000	2.567,0971	0,0000	239,3833	1.049,1118

Simplex Maio (kWh)	Vazio Maio (kWh)	Super/Fora Vazio Maio (kWh)	Ponta Maio (kWh)	Cheia Maio (kWh)
0,0000	2.789,8188	0,0000	212,3396	960,0917

Simplex Junho (kWh)	Vazio Junho (kWh)	Super/Fora Vazio Junho (kWh)	Ponta Junho (kWh)	Cheia Junho (kWh)
0,0000	2.781,1586	0,0000	207,3426	925,6367

Figura A.1: Consumos do Nó de Vila Flor em 2016



Simplex Julho (kWh)	Vazio Julho (kWh)	Super/Fora Vazio Julho (kWh)	Ponta Julho (kWh)	Cheia Julho (kWh)
0,0000	2.758,5141	0,0000	263,4514	1.116,2905
Simplex Agosto (kWh)	Vazio Agosto (kWh)	Super/Fora Vazio Agosto (kWh)	Ponta Agosto (kWh)	Cheia Agosto (kWh)
0,0000	2.771,8606	0,0000	264,7394	1.121,9394
Simplex Setembro (kWh)	Vazio Setembro (kWh)	Super/Fora Vazio Setembro (kWh)	Ponta Setembro (kWh)	Cheia Setembro (kWh)
0,0000	2.294,7054	0,0000	-260,8861	570,5377
Simplex Outubro (kWh)	Vazio Outubro (kWh)	Super/Fora Vazio Outubro (kWh)	Ponta Outubro (kWh)	Cheia Outubro (kWh)
0,0000	2.235,4946	0,0000	-442,9139	398,4623
Simplex Novembro (kWh)	Vazio Novembro (kWh)	Super/Fora Vazio Novembro (kWh)	Ponta Novembro (kWh)	Cheia Novembro (kWh)
0,0000	3.147,6000	0,0000	272,6000	1.500,8000
Simplex Dezembro (kWh)	Vazio Dezembro (kWh)	Super/Fora Vazio Dezembro (kWh)	Ponta Dezembro (kWh)	Cheia Dezembro (kWh)
0,0000	2.049,0667	0,0000	259,7333	1.181,8667

Figura A.2: Consumos do Nó de Vila Flor em 2016

## A.2 Consumos do Nó de Alfena

Empresa	CPE	Nome Instalação	Tarifa	Potência Contratada	Regime	Duração	Ciclo	Horário	Simples Janeiro (kWh)	Vazio Janeiro (kWh)	Super/Fora Vazio Janeiro (kWh)	Ponta Janeiro (kWh)	Cheia Janeiro (kWh)
LGP	PT0002000105715651TH	NÓ DE ALFENA	MT	23.25	TETRA-HORÁRIO	SEMANAL			0	2.713,74	2.373,18	1.136,66	2.582,88

Simples Fevereiro (kWh)	Vazio Fevereiro (kWh)	Super/Fora Vazio Fevereiro (kWh)	Ponta Fevereiro (kWh)	Cheia Fevereiro (kWh)	Simples Março (kWh)	Vazio Março (kWh)	Super/Fora Vazio Março (kWh)	Ponta Março (kWh)	Cheia Março (kWh)	Simples Abril (kWh)	Vazio Abril (kWh)	Super/Fora Vazio Abril (kWh)	Ponta Abril (kWh)	Cheia Abril (kWh)
0	2.601,73	2.322,27	1.079,17	2.118,78	0	2.532,37	2.491,78	881,0358	1.887,34	0	2.461,67	2.380,37	58,5962	1.797,76

Simples Maio (kWh)	Vazio Maio (kWh)	Super/Fora Vazio Maio (kWh)	Ponta Maio (kWh)	Cheia Maio (kWh)	Simples Junho (kWh)	Vazio Junho (kWh)	Super/Fora Vazio Junho (kWh)	Ponta Junho (kWh)	Cheia Junho (kWh)	Simples Julho (kWh)	Vazio Julho (kWh)	Super/Fora Vazio Julho (kWh)	Ponta Julho (kWh)	Cheia Julho (kWh)
0	1.830,60	2.395,97	30,8067	1.769,48	0	1.808,42	2.328,54	24,172	1.405,28	0	1.862,35	2.511,50	28,167	1.688,93

Simples Agosto (kWh)	Vazio Agosto (kWh)	Super/Fora Vazio Agosto (kWh)	Ponta Agosto (kWh)	Cheia Agosto (kWh)	Simples Setembro (kWh)	Vazio Setembro (kWh)	Super/Fora Vazio Setembro (kWh)	Ponta Setembro (kWh)	Cheia Setembro (kWh)	Simples Outubro (kWh)	Vazio Outubro (kWh)	Super/Fora Vazio Outubro (kWh)	Ponta Outubro (kWh)	Cheia Outubro (kWh)
0	2.235,42	2.465,31	23,2768	1.811,22	0	2.053,96	1.963,41	25,2338	1.864,49	0	2.276,93	1.987,92	168,123	2.130,92

Simples Novembro (kWh)	Vazio Novembro (kWh)	Super/Fora Vazio Novembro (kWh)	Ponta Novembro (kWh)	Cheia Novembro (kWh)	Simples Dezembro (kWh)	Vazio Dezembro (kWh)	Super/Fora Vazio Dezembro (kWh)	Ponta Dezembro (kWh)	Cheia Dezembro (kWh)
0	2.310,26	1.870,85	760,987	1.641,47	0	2.218,48	1.814,08	848,1388	1.606,35

Figura A.3: Consumos do Nó de Alfena em 2012

Empresa	CPE	Nome Instalação	Tarifa	Potência Contratada	Regime	Duração	Ciclo Horário	Simples		Super/Fora		Cheia		
								Vazio (kWh)	Janeiro (kWh)	Vazio (kWh)	Janeiro (kWh)	Vazio (kWh)	Janeiro (kWh)	
DGP	PT0002000105715651TH	NÓ DE ALFENA+PT	MT	23.25	TETRA-HORÁRIO	SEMANAL C/ FEE	0	1.143,13	925,35	412,38	975,70			
Simples Fevereiro (kWh)	Vazio Fevereiro (kWh)	Super/Fora Vazio Fevereiro (kWh)	Ponta Fevereiro (kWh)	Cheia Fevereiro (kWh)	Simples Março (kWh)	Super/Fora		Simples Abril (kWh)	Super/Fora		Simples Maio (kWh)	Ponta Maio (kWh)	Cheia Maio (kWh)	
						Vazio Março (kWh)	Ponta Março (kWh)		Vazio Abril (kWh)	Ponta Abril (kWh)				
0	1.065,58	941,20	439,53	858,13	0	1.079,18	1.052,95	397,4671	795,10	0	985,40	985,47	64,8379	767,71
Simples Maio (kWh)	Vazio Maio (kWh)	Super/Fora Vazio Maio (kWh)	Ponta Maio (kWh)	Cheia Maio (kWh)	Simples Junho (kWh)	Super/Fora		Simples Julho (kWh)	Super/Fora		Simples Agosto (kWh)	Ponta Agosto (kWh)	Cheia Agosto (kWh)	
						Vazio Junho (kWh)	Ponta Junho (kWh)		Vazio Julho (kWh)	Ponta Julho (kWh)				
0	874,90	992,24	18,6589	651,17	0	717,26	939,63	18,8578	604,42	0	794,74	978,38	19,0215	625,46
Simples Agosto (kWh)	Vazio Agosto (kWh)	Super/Fora Vazio Agosto (kWh)	Ponta Agosto (kWh)	Cheia Agosto (kWh)	Simples Setembro (kWh)	Super/Fora		Simples Outubro (kWh)	Super/Fora		Simples Novembro (kWh)	Ponta Novembro (kWh)	Cheia Novembro (kWh)	
						Vazio Setembro (kWh)	Ponta Setembro (kWh)		Vazio Outubro (kWh)	Ponta Outubro (kWh)				
0	956,34	976,17	19,13	689,77	0	981,45	947,45	21,3285	918,60	0	1.102,55	973,55	101,538	1.086,47
Simples Novembro (kWh)	Vazio Novembro (kWh)	Super/Fora Vazio Novembro (kWh)	Ponta Novembro (kWh)	Cheia Novembro (kWh)	Simples Dezembro (kWh)	Super/Fora		Simples Janeiro (kWh)	Super/Fora		Simples Fevereiro (kWh)	Ponta Fevereiro (kWh)	Cheia Fevereiro (kWh)	
						Vazio Dezembro (kWh)	Ponta Dezembro (kWh)		Vazio Janeiro (kWh)	Ponta Janeiro (kWh)				
0	1.119,05	929,79	416,4903	906,78	0	1.247,61	964,19	413,5023	997,50					

Figura A.4: Consumos do Nó de Alfena em 2014

Empresa	CPE	Nome Instalação	Tarifa	Potência Contratada	Regime	Duração	Ciclo Horário	Simples Janeiro (kWh)	Vazio Janeiro (kWh)	Super/Fora Vazio Janeiro (kWh)	Ponta Janeiro (kWh)	Cheia Janeiro (kWh)
OGP	PT00020000105715651TH	NÓ DE ALFENA+PTZ840	MT	23.25	TETRA-HORÁRIO		SEMANAL C/F	0,0000	1.318,1838	1.043,4432	445,4980	1.023,7871

Simples Fevereiro (kWh)	Vazio Fevereiro (kWh)	Super/Fora Vazio Fevereiro (kWh)	Ponta Fevereiro (kWh)	Cheia Fevereiro (kWh)	Simples Março (kWh)	Vazio Março (kWh)	Super/Fora Vazio Março (kWh)	Ponta Março (kWh)	Cheia Março (kWh)	Simples Abril (kWh)	Vazio Abril (kWh)	Super/Fora Vazio Abril (kWh)	Ponta Abril (kWh)	Cheia Abril (kWh)
0,0000	990,7601	979,8103	437,8443	827,3360	0,0000	876,1419	1.011,5900	306,0135	714,1849	0,0000	827,3845	970,0968	44,1536	649,7914

Simples Maio (kWh)	Vazio Maio (kWh)	Super/Fora Vazio Maio (kWh)	Ponta Maio (kWh)	Cheia Maio (kWh)	Simples Junho (kWh)	Vazio Junho (kWh)	Super/Fora Vazio Junho (kWh)	Ponta Junho (kWh)	Cheia Junho (kWh)	Simples Julho (kWh)	Vazio Julho (kWh)	Super/Fora Vazio Julho (kWh)	Ponta Julho (kWh)	Cheia Julho (kWh)
0,0000	781,0655	955,5261	36,0377	591,6599	0,0000	739,2012	900,7322	19,4106	552,9484	0,0000	747,5420	954,8017	17,3532	558,3813

Simples Agosto (kWh)	Vazio Agosto (kWh)	Super/Fora Vazio Agosto (kWh)	Ponta Agosto (kWh)	Cheia Agosto (kWh)	Simples Setembro (kWh)	Vazio Setembro (kWh)	Super/Fora Vazio Setembro (kWh)	Ponta Setembro (kWh)	Cheia Setembro (kWh)	Simples Outubro (kWh)	Vazio Outubro (kWh)	Super/Fora Vazio Outubro (kWh)	Ponta Outubro (kWh)	Cheia Outubro (kWh)
0,0000	736,7832	965,3823	16,8539	612,3100	0,0000	820,8031	951,3077	17,3479	761,3137	0,0000	944,9647	850,2339	103,6131	879,3108

Simples Novembro (kWh)	Vazio Novembro (kWh)	Super/Fora Vazio Novembro (kWh)	Ponta Novembro (kWh)	Cheia Novembro (kWh)	Simples Dezembro (kWh)	Vazio Dezembro (kWh)	Super/Fora Vazio Dezembro (kWh)	Ponta Dezembro (kWh)	Cheia Dezembro (kWh)
0,0000	461,5070	235,5728	438,1869	789,8859	0,0000	441,1159	45,3417	388,9637	735,8018

Figura A.5: Consumos do Nó de Alfena em 2015

Empresa	CPE	Nome Instalação	Tarifa	Potência Contratada	Regime	Duração	Ciclo Horário	Simplex	Super/Fora	Ponta	Cheia
OGP	PT0002000105715651TH	NÓ DE ALFENA+PTZ840	MT	23.25	TETRA-HORÁRIO		SEMANAL C/ FERIADOS	Janeiro (kWh)	Vazio Janeiro (kWh)	Ponta Janeiro (kWh)	Cheia Janeiro (kWh)
								0,0000	392,4142	45,9164	380,5094
											690,6781

Simplex	Vazio	Super/Fora	Ponta	Cheia	Simplex	Vazio	Super/Fora	Ponta	Cheia
Fevereiro	Fevereiro	Fevereiro	Fevereiro	Fevereiro	Abril	Abril	Vazio Abril	Ponta Abril	Cheia Abril
(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)
0,0000	288,4232	45,4452	373,9519	625,5684	0,0000	227,5323	45,8764	19,6290	502,8172

Simplex	Vazio	Super/Fora	Ponta	Cheia	Simplex	Vazio	Super/Fora	Ponta	Cheia
Maio	Maio	Maio	Maio	Maio	Julho	Julho	Vazio Julho	Ponta Julho	Cheia Julho
(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)
0,0000	169,3710	43,5752	26,9839	437,5054	0,0000	247,8226	40,4355	18,6774	579,9301

Simplex	Vazio	Super/Fora	Ponta	Cheia	Simplex	Vazio	Super/Fora	Ponta	Cheia
Agosto	Agosto	Agosto	Agosto	Agosto	Outubro	Outubro	Vazio Outubro	Ponta Outubro	Cheia Outubro
(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)
0,0000	270,8387	41,5806	19,1936	698,1613	0,0000	407,7204	82,8172	103,6881	1.019,7473

Simplex	Vazio	Super/Fora	Ponta	Cheia	Simplex	Vazio	Super/Fora	Ponta	Cheia
Novembro	Novembro	Novembro	Novembro	Novembro	Dezembro	Dezembro	Vazio Dezembro	Ponta Dezembro	Cheia Dezembro
(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)
0,0000	451,7796	48,0161	424,4785	891,5861	0,0000	500,8333	42,5000	344,1667	695,8333

Figura A.6: Consumos do Nó de Alfena em 2016



## Anexo B

# Tarifários

### B.1 Tarifários BT

Potência Contratada:			
27,6 kVA			
Mês	Ponta (KWh)	Cheia (KWh)	Vazio (KWh)
Janeiro	649,4815	1456,7887	3132,4194
Fevereiro	441,525	1120,85	2755
Março	307,0105	1121,4632	2747,6842
Abril	239,3833	1049,1118	2567,0971
Maio	212,3396	960,0917	2789,8188
Junho	207,3426	925,6367	2781,1586
Julho	263,4514	1116,2905	2758,5141
Agosto	264,7394	1121,9394	2771,8606
Setembro	-260,8861	570,5377	2294,7054
Outubro	-442,9139	398,4623	2235,4946
Novembro	272,6	1500,8	3147,6
Dezembro	259,7333	1181,8667	2049,0667
Média	201,15055	1043,65323	2669,20163

Figura B.1: Consumos no Nó de Vila Flor

Hen:			
	Consumo (KWh)	Preço da Energia (€/KWh)	Total (€)
Ponta	201,15055	0,3048	61,31068764
Cheia	1043,653225	0,1451	151,4340829
Vazio	2669,201625	0,078	208,1977268
			420,9424973
	Dias	Preço da Potência (€/dia)	Total (€)
Potência Contratada (€)	31	1,1914	36,9334
			Total Final (€)
			457,8758973

Figura B.2: Tarifário da HEN para BT

Galp:			
	Consumo (KWh)	Preço da Energia (€/KWh)	Total (€)
Ponta	201,15055	0,2893	58,19285412
Cheio	1043,653225	0,1365	142,4586652
Vazio	2669,201625	0,0685	182,8403113
			383,4918306
	Dias	Preço da Potência (€/dia)	Total (€)
Potência Contratada (€)	31	1,2587	39,0197
			Total Final (€)
			422,5115306

Figura B.3: Tarifário da Galp para BT



EDP:			
Médias utilizações			
	Consumo (KWh)	Preço da Energia (€/KWh)	Total (€)
Ponta	201,15055	0,3128	62,91989204
Cheio	1043,653225	0,1555	162,2880765
Vazio	2669,201625	0,0862	230,0851801
			455,2931486
	Dias	Preço da Potência (€/dia)	Total (€)
Potência Contratada (€)	31	1,4377	44,5687
			Total Final (€)
			499,8618486

Figura B.4: Tarifário da EDP para BT

Longas utilizações			
	Consumo (KWh)	Preço da Energia (€/KWh)	Total (€)
Ponta	201,15055	0,2318	46,62669749
Cheio	1043,653225	0,1341	139,9538975
Vazio	2669,201625	0,08	213,53613
			400,116725
	Dias	Preço da Potência (€/dia)	Total (€)
Potência Contratada (€)	31	4,2036	130,3116
			Total Final (€)
			530,428325

Figura B.5: Tarifário da EDP para BT

Fenosa			
Consumo anual < 10 MWh/ano			
	Consumo (KWh)	Preço da Energia (€/KWh)	Total (€)
Ponta	201,15055	0,3091	62,17563501
Cheio	1043,653225	0,1493	155,8174265
Vazio	2669,201625	0,0768	204,9946848
			422,9877463
	Dias	Preço da Potência (€/dia)	Total (€)
Potência Contratada (€)	31	1,226652	38,026212
			Total Final (€)
			461,0139583

Figura B.6: Tarifário da Fenosa para BT

Consumo anual > 10MWh/ano			
	Consumo (KWh)	Preço da Energia (€/KWh)	Total (€)
Ponta	201,15055	0,3086	62,07505973
Cheio	1043,653225	0,1493	155,8174265
Vazio	2669,201625	0,0763	203,660084
			421,5525702
	Dias	Preço da Potência (€/dia)	Total (€)
Potência Contratada (€)	31	1,191452	36,935012
			Total Final (€)
			458,4875822

Figura B.7: Tarifário da Fenosa para BT

Iberdrola			
	Consumo (KWh)	Preço da Energia (€/KWh)	Total (€)
Ponta	201,15055	0,3157	63,50322864
Cheio	1043,653225	0,1577	164,5841136
Vazio	2669,201625	0,0883	235,6905035
			463,7778457
	Dias	Preço da Potência (€/dia)	Total (€)
Potência Contratada (€)	31	1,4386	44,5966
			Total Final (€)
			508,3744457

Figura B.8: Tarifário da Iberdrola para BT

## B.2 Tarifários MT

Potência Contratada:					
23,25 kW					
Mês	Ponta (KWh)	Cheia (KWh)	Vazio (KWh)	Super Vazio (KWh)	Potência Hora de Ponta (kW)
Janeiro	380,5094	690,6781	392,4142	45,9164	3,068624194
Fevereiro	373,9519	625,5684	288,4232	45,4452	3,223723276
Março	263,871	625,5161	295,9677	81,2903	2,127991935
Abril	19,629	502,8172	227,5323	45,8764	0,163575
Maio	26,9839	437,5054	169,371	43,5752	0,217612097
Junho	42,5161	510,328	255,629	38,7581	0,354300833
Julho	18,6774	579,9301	247,8226	40,4355	0,150624194
Agosto	19,1936	698,1613	270,8387	41,5806	0,154787097
Setembro	19,7957	835,5752	319,5054	50,1506	0,164964167
Outubro	103,6881	1019,7473	407,7204	82,8172	0,836194355
Novembro	424,4785	891,5861	451,7796	48,0161	3,537320833
Dezembro	344,1667	695,8333	500,8333	42,5	2,775537903
Média	169,788442	676,103875	318,98645	50,53013333	1,39793799

Figura B.9: Consumos no Nó de Alfena

Hen:				
	Consumo (kWh)	Preço da Energia (€/kWh)	Total (€)	
Ponta	169,7884417	0,1158	19,66150155	
Cheia	676,103875	0,1044	70,58524455	
Vazio	318,98645	0,0764	24,37056478	
Super Vazio	50,53013333	0,0678	3,42594304	
			118,0432539	
	Potência Contratada (kW)	Dias	Preço da Potência (€/kW.dia)	Total (€)
Potência Contratada (€)	23,25	31	0,0397	28,613775
	Potência Horas de Ponta (kW)	Dias	Preço da Potência (€/kW.dia)	Total (€)
Potência Horas de Ponta (€)	1,39793799	31	0,2641	11,44505812
				Total Final (€)
				158,102087

Figura B.10: Tarifário da Hen para MT

EDP:				
Termo tarifário fixo:				
1,5730 €/dia				
Longas utilizações				
	Horas de Ponta (€/kWh)	Horas Cheias (€/kWh)	Horas de Vazio Normal (€/kWh)	Horas de Super Vazio (€/kWh)
Períodos I, IV	0,1384	0,1087	0,0767	0,0654
Períodos II, III	0,1414	0,1109	0,0793	0,0729
Média:	0,1399	0,1098	0,078	0,06915
	Consumo (kWh)	Preço da Energia (€/kWh)	Total (€)	
Ponta	169,7884417	0,1399	23,75340299	
Cheia	676,103875	0,1098	74,23620548	
Vazio	318,98645	0,078	24,8809431	
Super Vazio	50,53013333	0,06915	3,49415872	
			126,3647103	
	Potência Contratada (kW)	Dias	Preço da Potência (€/kW.dia)	Total (€)
Potência Contratada (€)	23,25	31	0,0516	37,1907
	Potência Horas de Ponta (kW)	Dias	Preço da Potência (€/kW.dia)	Total (€)
Potência Horas de Ponta	1,39793799	31	0,338	14,64759426
	Termo tarifário fixo (€/dia)	Dias	Total (€)	
Termo tarifário fixo (€)	1,573	31	48,763	
				Total Final (€)
				226,9660045

Figura B.11: Tarifário da EDP para MT

Médias utilizações				
	Horas de Ponta (€/kWh)	Horas Cheias (€/kWh)	Horas de Vazio Normal (€/kWh)	Horas de Super Vazio (€/kWh)
Períodos I, IV	0,1446	0,1121	0,0779	0,0665
Períodos II, III	0,1505	0,1122	0,0818	0,0729
Média:	0,14755	0,11215	0,07985	0,0697
	Consumo (kWh)	Preço da Energia (€/kWh)	Total (€)	
Ponta	169,7884417	0,14755	25,05228457	
Cheia	676,103875	0,11215	75,82504958	
Vazio	318,98645	0,07985	25,47106803	
Super Vazio	50,53013333	0,0697	3,521950293	
			129,8703525	
	Potência Contratada (kW)	Dias	Preço da Potência (€/kW.dia)	Total (€)
Potência Contratada (€)	23,25	31	0,0486	35,02845
	Potência Horas de Ponta (kW)	Dias	Preço da Potência (€/kW.dia)	Total (€)
Potência Horas de Ponta (€)	1,39793799	31	0,3406	14,76026806
	Termo tarifário fixo (€/dia)	Dias	Total (€)	
Termo tarifário fixo (€)	1,573	31	48,763	
				Total Final (€)
				228,4220705

Figura B.12: Tarifário da EDP para MT

Curtas utilizações				
	Horas de Ponta (€/kWh)	Horas Cheias (€/kWh)	Horas de Vazio Normal (€/kWh)	Horas de Super Vazio (€/kWh)
Períodos I, IV	0,2163	0,1206	0,0819	0,073
Períodos II, III	0,2159	0,1205	0,0825	0,0768
Média:	0,2161	0,12055	0,0822	0,0749
	Consumo (kWh)	Preço da Energia (€/kWh)	Total (€)	
Ponta	169,7884417	0,2161	36,69128224	
Cheia	676,103875	0,12055	81,50432213	
Vazio	318,98645	0,0822	26,22068619	
Super Vazio	50,53013333	0,0749	3,784706987	
			148,2009976	
	Potência Contratada (kW)	Dias	Preço da Potência (€/kW.dia)	Total (€)
Potência Contratada (€)	23,25	31	0,0209	15,063675
	Potência Horas de Ponta (kW)	Dias	Preço da Potência (€/kW.dia)	Total (€)
Potência Horas de Ponta (€)	1,39793799	31	0,4998	21,65937163
	Termo tarifário fixo (€/dia)	Dias	Total (€)	
Termo tarifário fixo (€)	1,573	31	48,763	
				Total Final (€)
				233,6870442

Figura B.13: Tarifário da EDP para MT

Fenosa:				
Consumo anual < 50 MWh/ano				
	Consumo (kWh)	Preço da Energia (€/kWh)	Total (€)	
Ponta	169,7884417	0,1086	18,43902477	
Cheia	676,103875	0,0971	65,64968626	
Vazio	318,98645	0,0689	21,97816641	
Super Vazio	50,53013333	0,0592	2,991383893	
			109,0582613	
	Potência Contratada (Dias		Preço da Potência (€/kW.dia	Total (€)
Potência Contratada (€)	23,25	31	0,032121	23,15121075
	Potência Horas de Por Dias		Preço da Potência (€/kW.dia	Total (€)
Potência Horas de Ponta (€)	1,39793799	31	0,226915	9,833606071
				Total Final (€)
				142,0430781
50 < Consumo anual < 350 MWh/ano				

Figura B.14: Tarifário da Fenosa para MT

50 < Consumo anual < 350 MWh/ano				
	Consumo (kWh)	Preço da Energia (€/kWh)	Total (€)	
Ponta	169,7884417	0,1076	18,26923632	
Cheia	676,103875	0,0961	64,97358239	
Vazio	318,98645	0,0679	21,65917996	
Super Vazio	50,53013333	0,0581	2,935800747	
			107,8377994	
	Potência Contratada (Dias		Preço da Potência (€/kW.dia	Total (€)
Potência Contratada (€)	23,25	31	0,032121	23,15121075
	Potência Horas de Por Dias		Preço da Potência (€/kW.dia	Total (€)
Potência Horas de Ponta (€)	1,39793799	31	0,226915	9,833606071
				Total Final (€)
				140,8226162

Figura B.15: Tarifário da Fenosa para MT

Consumo anual > 350 MWh/ano				
	Consumo (kWh)	Preço da Energia (€/kWh)	Total (€)	
Ponta	169,7884417	0,107	18,16736326	
Cheia	676,103875	0,0955	64,56792006	
Vazio	318,98645	0,0673	21,46778809	
Super Vazio	50,53013333	0,0576	2,91053568	
			107,1136071	
	Potência Contratada (Dias		Preço da Potência (€/kW.dia	Total (€)
Potência Contratada (€)	23,25	31	0,032121	22,4043975
	Potência Horas de Ponta (Dias		Preço da Potência (€/kW.dia	Total (€)
Potência Horas de Ponta (€)	1,39793799	31	0,226915	7,896642
				Total Final (€)
				137,4146466


Figura B.16: Tarifário da Fenosa para MT



## **Anexo C**

# **Luminárias**


**Ficha Técnica**



---

## ROADLED 90

### Iluminação Rodoviária



CE

230V  
50Hz

⏏

IP66

IK08

#### Descrição geral

O equipamento RoadLED foi desenhado para a iluminação pública rodoviária, recorrendo à mais avançada tecnologia LED disponível actualmente no mercado. Com um desenho cuidado e atractivo, enquadra-se perfeitamente em qualquer ambiente.

Este equipamento conjuga elevados níveis de eficiência energética com qualidade luminosa superior, resultando numa solução de iluminação sem precedentes.

#### Características principais

- Corpo integralmente em alumínio
- Desenho compacto e robusto
- Sistema de regulação incorporado
- Baixo consumo energético
- Luxeon® Rebel® de última geração (EL > 135 lm/W @ 350 mA)
- Fluxo luminoso elevado
- Elevado índice de restituição cromática (Ra > 70)
- Vida útil elevada (TU > 60.000 H)
- Solução normalizada EN13201-2:2003 (classe ME)
- Temperaturas de cor disponíveis (CCT):
  - Branco frio: 5300K (tip.)

#### Características Opcionais

- Controlo autónomo
- Controlo local / remoto
- Sensores:
  - Luminosidade ambiente
  - Estabilidade

#### Aplicações

- Iluminação pública rodoviária

UV

IR

RoHS

#### Iluminação Pública

#### Especificações Gerais (\*)

	Branco Frio
Tensão de entrada:	230 V AC
Frequência:	50 Hz
Potência LED:	74 W
Potência de entrada:	82 W
Número de LEDs:	45
Número de ópticas:	3
Configuração:	3 x 15
Tempo de vida útil expectável:	> 60.000 H
Temperatura de funcionamento:	-30 °C a +40 °C
Humidade relativa:	10 % a 90 %

(\*) - Valores nominais à temperatura ambiente (Ta) de 25 °C

#### Distribuição luminosa (polar)



Diagrama de distribuição luminosa polar, mostrando o feixe de luz e a distribuição da luz em diferentes ângulos. A escala de iluminância varia de 0 a 1000 lux.

#### Especificações Fotométricas (\*)

	Branco Frio
Temperatura de cor:	5300 K
Fluxo luminoso LED:	8929 lm
Fluxo luminoso global:	7500 lm
IRC:	70
Eficiência luminosa global:	91 lm/W
LOR:	84 %
ULOR:	0 %
DLOR:	84 %

(\*) - Valores nominais à temperatura ambiente (Ta) de 25 °C  
 IRC - Índice de Restituição Cromática  
 LOR - Light Output Ratio  
 DLOR - Downward Light Output Ratio  
 ULOR - Upward Light Output Ratio

#### Distribuição luminosa (linear)



Gráfico de distribuição luminosa linear, mostrando a distribuição da luz ao longo de uma linha. A escala de iluminância varia de 0 a 1000 lux.

[www.exporlux.pt](http://www.exporlux.pt)

1/2

Figura C.1: Ficha técnica da Exporlux Roadled 90

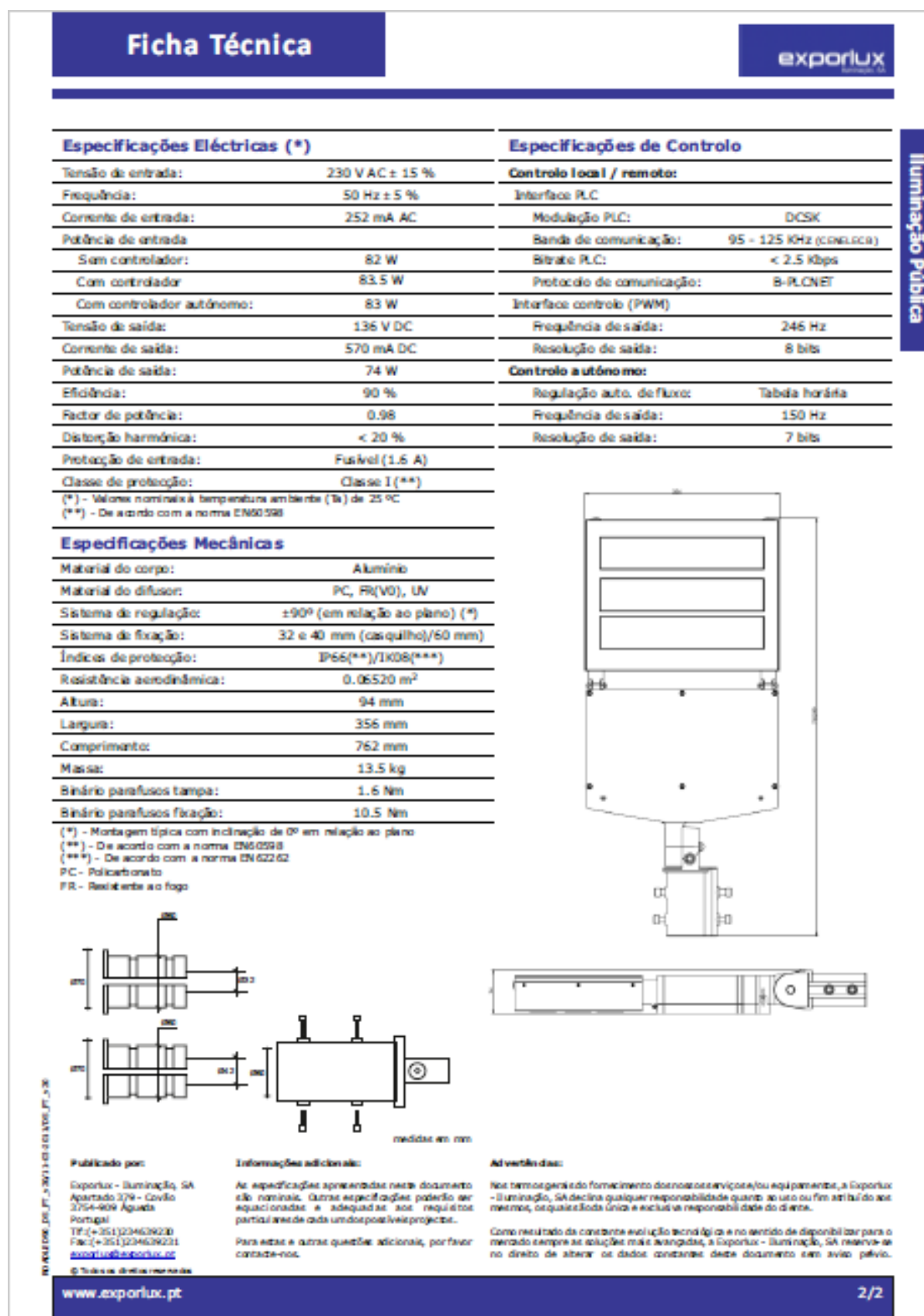


Figura C.2: Ficha técnica da Exporlux Roadled 90


Ficha Técnica

exporlux

---

## ROADLED 180

### Iluminação Rodoviária



CE

230V  
50Hz

IP66

IK08

### Descrição geral

O equipamento RoadLED foi desenhado para a iluminação pública rodoviária, recorrendo à mais avançada tecnologia LED disponível actualmente no mercado. Com um desenho cuidado e atractivo, enquadra-se perfeitamente em qualquer ambiente.

Este equipamento conjuga elevados níveis de eficiência energética com qualidade luminosa superior, resultando numa solução de iluminação sem precedentes.

#### Características principais




- Corpo integralmente em alumínio
- Desenho compacto e robusto
- Sistema de regulação incorporado
- Baixo consumo energético
- Luxe e RGB de última geração (EL > 135 lm/W @ 350mA)
- Fluxo luminoso elevado
- Elevado índice de restituição cromática (Ra > 70)
- Vida útil elevada (TL > 60.000h)
- Solução normalizada EN 13201-2:2003 (classe ME)
- Temperaturas de cor disponíveis (CCT):
  - Branco frio: 5300K (típ.)

#### Características Opcionais

- Controlo autónomo
- Controlo local / remoto
- Sensores:
- Luminosidade ambiente
- Estabilidade

### Aplicações

- Iluminação pública rodoviária

Iluminação Pública

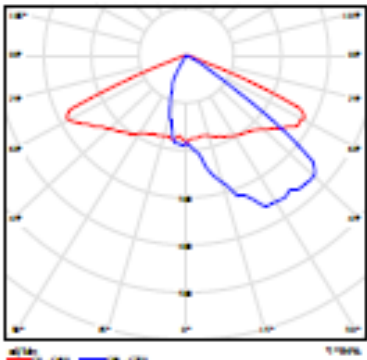
---

### Especificações Gerais (\*)

	Branco Frio
Tensão de entrada:	230 V AC
Frequência:	50 Hz
Potência LED:	146 W
Potência de entrada:	162 W
Número de LEDs:	90
Número de células:	6
Configuração:	6 x 15
Tempo de vida útil expectável:	> 60.000 h
Temperatura de funcionamento:	-30 °C a +40 °C
Humidade relativa:	10 % a 90 %

(\*) - Valores nominais à temperatura ambiente (Ta) de 25 °C

### Distribuição luminosa (polar)



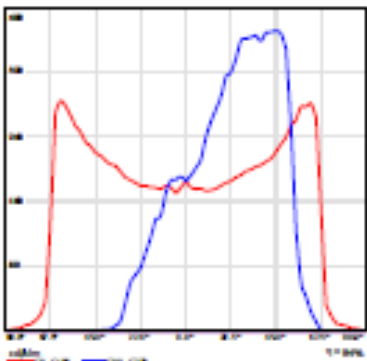
---

### Especificações Fotométricas (\*)

	Branco Frio
Temperatura de cor:	5300 K
Fluxo luminoso LED:	17540 lm
Fluxo luminoso global:	14734 lm
IRC:	70
Eficácia luminosa global:	91 lm/W
LOR:	84 %
ULOR:	0 %
DLOR:	84 %

(\*) - Valores nominais à temperatura ambiente (Ta) de 25 °C  
 IRC - Índice de Restituição Cromática  
 LOR - Light Output Ratio  
 DLOR - Downward Light Output Ratio  
 ULOR - Upward Light Output Ratio

### Distribuição luminosa (linear)



www.exporlux.pt

1/2

Figura C.3: Ficha técnica da Exporlux Roadled 180

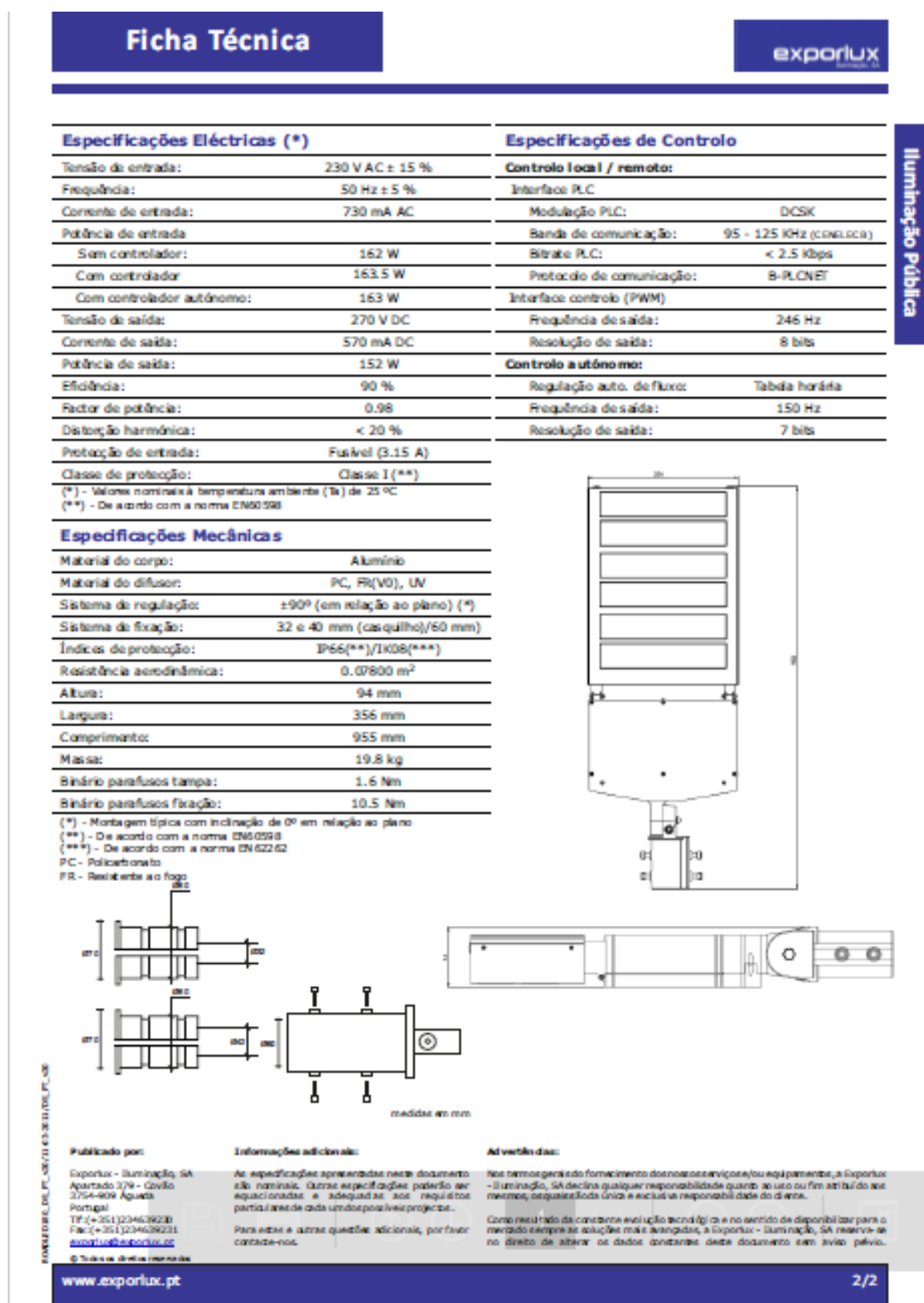



Figura C.4: Ficha técnica da Exporlux Roadled 180


**Ficha Técnica**



---

## ROADLED 90

### Iluminação Rodoviária



CE

230V  
50Hz

IP66

IK08

**Descrição geral**

O equipamento RoadLED foi desenhado para a iluminação pública rodoviária, recorrendo à mais avançada tecnologia LED disponível actualmente no mercado. Com um desenho cuidado e atractivo, enquadra-se perfeitamente em qualquer ambiente.

Este equipamento conjuga elevados níveis de eficiência energética com qualidade luminosa superior, resultando numa solução de iluminação sem precedentes.

**Características principais**




- Corpo integralmente em alumínio
- Desenho compacto e robusto
- Sistema de regulação incorporado
- Baixo consumo energético
- Lúmen® Rebel® de última geração (EL > 135 lm/W @ 350 mA)
- Fluxo luminoso elevado
- Elevado índice de restituição cromática (Ra > 70)
- Vida útil elevada (TU > 60.000H)
- Solução normalizada EN13201-2:2003 (classe ME)
- Temperaturas de cor disponíveis (CCT):
  - Branco frio: 5300K (típ.)

**Características Opcionais**

- Controlo autónomo
- Controlo local / remoto
- Sensores:
  - Luminosidade ambiente
  - Estabilidade

**Aplicações**

- Iluminação pública rodoviária

Iluminação Pública

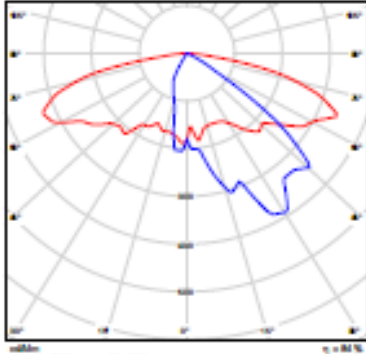
---

**Especificações Gerais (\*)**

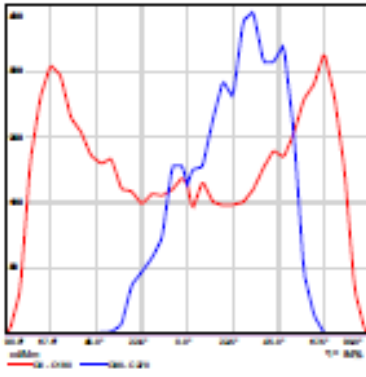
	Branco Frio
Tensão de entrada:	230 V AC
Frequência:	50 Hz
Potência LED:	93 W
Potência de entrada:	102 W
Número de LEDs:	45
Número de células:	3
Configuração:	3 x 15
Tempo de vida útil esperado:	> 60.000 H
Temperatura de funcionamento:	-30 °C a +40 °C
Humidade relativa:	10 % a 90 %

(\*) - Valores nominais à temperatura ambiente (Ta) de 25 °C

**Distribuição luminosa (polar)**



**Distribuição luminosa (linear)**



**Especificações Fotométricas (\*)**

	Branco Frio
Temperatura de cor:	5300 K
Fluxo luminoso LED:	10250 lm
Fluxo luminoso global:	8610 lm
IRC:	70
Eficiência luminosa global:	84 lm/W
LOR:	84 %
ULOR:	0 %
DLOR:	84 %

(\*) - Valores nominais à temperatura ambiente (Ta) de 25 °C  
 IRC - Índice de Restituição Cromática  
 LOR - Light Output Ratio  
 DLOR - Downward Light Output Ratio  
 ULOR - Upward Light Output Ratio

www.exporlux.pt
1/2

Figura C.5: Ficha técnica da Exporlux Roadled 90



## Ficha Técnica

exporlux

Iluminação Pública

## Especificações Eléctricas (\*)

Tensão de entrada:	230 V AC $\pm$ 15 %
Frequência:	50 Hz $\pm$ 5 %
Corrente de entrada:	444 mA AC
Potência de entrada:	
Sem controlador:	102 W
Com controlador:	103,5 W
Com controlador autónomo:	103 W
Tensão de saída:	135 V DC
Corrente de saída:	700 mA DC
Potência de saída:	93 W
Eficiência:	90 %
Factor de potência:	0.98
Distorção harmónica:	< 20 %
Protecção de entrada:	Fusível (1.6 A)
Classe de protecção:	Classe I (**)

(\*) - Valores nominais a temperatura ambiente (Ta) de 25 °C  
 (\*\*) - De acordo com a norma EN60598

## Especificações Mecânicas

Material do corpo:	Alumínio
Material do difusor:	PC, FR(V0), UV
Sistema de regulação:	$\pm 90^\circ$ (em relação ao plano) (*)
Sistema de fixação:	32 e 40 mm (casquilho)/60 mm
Índice de protecção:	IP66(**)/IK08(***)
Resistência aerodinâmica:	0.06520 m <sup>2</sup>
Altura:	94 mm
Largura:	356 mm
Comprimento:	762 mm
Massa:	13.5 kg
Binário parafusos tampa:	1.6 Nm
Binário parafusos fixação:	10.5 Nm

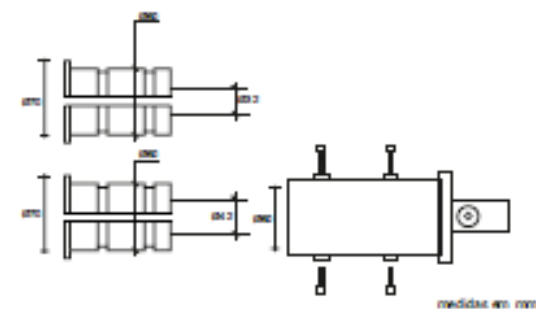
(\*) - Montagem típica com inclinação de 0° em relação ao plano

(\*\*) - De acordo com a norma EN60598

(\*\*\*) - De acordo com a norma EN 62262

PC - Policarbonato

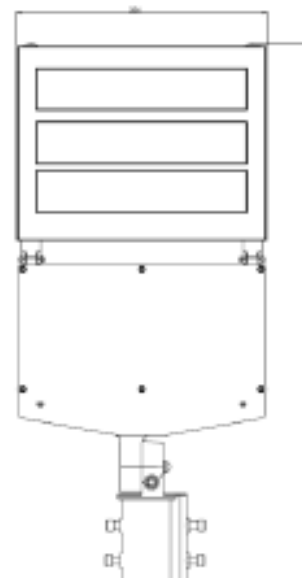
FR - Resistente ao fogo



medidas em mm

## Especificações de Controlo

<b>Controlo local / remoto:</b>	
Interface PLC	
Modulação PLC:	DSSK
Banda de comunicação:	95 - 125 KHz (CONCECA)
Bitrate PLC:	< 2.5 Kbps
Protocolo de comunicação:	B-PLCNET
Interface controlo (PWM)	
Frequência de saída:	246 Hz
Resolução de saída:	8 bits
<b>Controlo autónomo:</b>	
Regulação auto. de fluxo:	Tabela horária
Frequência de saída:	150 Hz
Resolução de saída:	7 bits



## Publicado por:

Exporlux - Iluminação, SA  
 Apartado 379 - Covilhã  
 3754-909 Águeda  
 Portugal  
 Tlf: (+351) 234629230  
 Fax: (+351) 234629231  
[exporlux@exporlux.pt](mailto:exporlux@exporlux.pt)

© Todos os direitos reservados

## Informações adicionais:

As especificações apresentadas neste documento são nominais. Outras especificações poderão ser exigidas e a adequação ao uso requererá a participação de cada um dos possíveis projectistas.

Para estas e outras questões adicionais, por favor contacte-nos.

## Advertências:

Nos termos gerais do fornecimento dos materiais e/ou equipamentos, a Exporlux - Iluminação, SA declina qualquer responsabilidade quanto ao uso ou fim atribuído aos mesmos, reservando-se a exclusão da responsabilidade do cliente.


Como resultado da constante evolução tecnológica e no sentido de disponibilizar para o mercado sempre as soluções mais avançadas, a Exporlux - Iluminação, SA reserva-se no direito de alterar os dados constantes deste documento sem aviso prévio.

[www.exporlux.pt](http://www.exporlux.pt)

2/2

Figura C.6: Ficha técnica da Exporlux Roadled 90


**Ficha Técnica**



---

## ROADLED 180

### Iluminação Rodoviária



CE

230V  
50Hz

IP66

IK08

#### Descrição geral

O equipamento RoadLED foi desenhado para a iluminação pública rodoviária, recorrendo à mais avançada tecnologia LED disponível actualmente no mercado. Com um desenho cuidado e atractivo, enquadra-se perfeitamente em qualquer ambiente.

Este equipamento conjuga elevados níveis de eficiência energética com qualidade luminosa superior, resultando numa solução de iluminação sem precedentes.

#### Características principais




- Corpo integralmente em alumínio
- Desenho compacto e robusto
- Sistema de regulação incorporado
- Baixo consumo energético
- Lúmen® Rebel® de última geração (EL > 135 lm/W @ 350 mA)
- Fluxo luminoso elevado
- Elevado índice de restituição cromática (Ra > 70)
- Vida útil elevada (Tu > 60.000H)
- Solução normalizada EN13201-2:2003 (classe ME)
- Temperaturas de cor disponíveis (CCT):
  - Branco frio: 5300K (típ.)

#### Características Opcionais

- Controlo autónomo
- Controlo local / remoto
- Sensores:
  - Luminosidade ambiente
  - Estabilidade

#### Aplicações

- Iluminação pública rodoviária

Iluminação Pública

#### Especificações Gerais (\*)

	Branco Frio
Tensão de entrada:	230 V AC
Frequência:	50 Hz
Potência LED:	177 W
Potência de entrada:	197 W
Número de LEDs:	90
Número de células:	6
Configuração:	6 x 15
Tempo de vida útil esperado:	> 60.000 H
Temperatura de funcionamento:	-30 °C a +40 °C
Humidade relativa:	10 % a 90 %

(\*) - Valores nominais à temperatura ambiente (Ta) de 25 °C

#### Distribuição luminosa (polar)



η = 84 %

#### Especificações Fotométricas (\*)

	Branco Frio
Temperatura de cor:	5300 K
Fluxo luminoso LED:	20200 lm
Fluxo luminoso global:	16968 lm
IRC:	70
Eficiência luminosa global:	86 lm/W
LOR:	84 %
ULOR:	0 %
DLOR:	84 %

(\*) - Valores nominais à temperatura ambiente (Ta) de 25 °C  
 IRC - Índice de Restituição Cromática  
 LOR - Light Output Ratio  
 DLOR - Downward Light Output Ratio  
 ULOR - Upward Light Output Ratio

#### Distribuição luminosa (linear)



η = 84 %

[www.exporlux.pt](http://www.exporlux.pt)

1/2

Figura C.7: Ficha técnica da Exporlux Roadled 180



## Ficha Técnica

expolux

## Iluminação Pública

### Especificações Eléctricas (\*)

Tensão de entrada:	230 V AC $\pm$ 15 %
Frequência:	50 Hz $\pm$ 5 %
Corrente de entrada:	856 mA AC
Potência de entrada	
Sem controlador:	197 W
Com controlador	198,5 W
Com controlador autónomo:	198 W
Tensão de saída:	270 V DC
Corrente de saída:	700 mA DC
Potência de saída:	177 W
Eficiência:	90 %
Factor de potência:	0,98
Distorção harmónica:	< 20 %
Proteção de entrada:	Fusível (3,15 A)
Classe de protecção:	Classe I (**)

(\*) - Velocidade nominal à temperatura ambiente ( $T_a$ ) de 25 °C

(\*) - De acordo com a norma EN50520

### Especificações Mecânicas

Material do corpo:	Alumínio
Material do difusor:	PC, FR(V0), UV
Sistema de regulação:	±90° (em relação ao plano) (°)
Sistema de fixação:	32 e 40 mm (casquilho)/60 mm
Índice de protecção:	IP65(**)/IK08(***)
Resistência aerodinâmica:	0.07800 m <sup>2</sup>
Altura:	94 mm
Largura:	356 mm
Comprimento:	955 mm
Massa:	19.8 kg
Binário parafusos tampa:	1.6 Nm
Binário parafusos fixação:	10.5 Nm

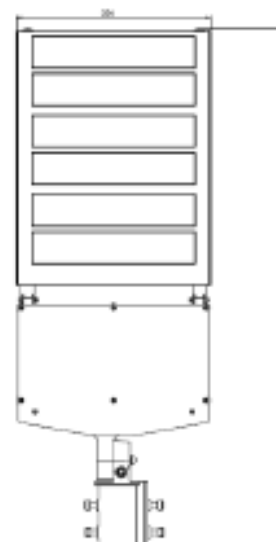
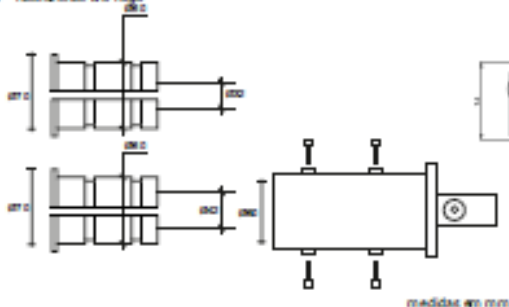
(\*) - Montagem típica com inclinação de 0° em relação ao plano

(\*) - De acordo com a norma EN50598

(\*) - De acordo com a norma EN 622 62

PC - Policarbonsäure

FR - Resistente ao fogo



Publicado por:

Exportlux - Illuminagão, SA  
Apartado 379 - Covilhã  
3754-909 Aguada  
Portugal  
Tlf: (+351) 234639230  
Fax: (+351) 234639231  
[exportlux@exportlux.pt](mailto:exportlux@exportlux.pt)  
© Todos os direitos reservados

**Informações adicionais:**

As especificações apresentadas neste documento são nominais. Outras especificações poderão ser equacionadas e adequadas aos requisitos particulares de cada um dos possíveis projetos.

Para estas e outras questões adicionais, por favor contacte-nos.

Advertiser class:

Nos termos gerais do fornecimento de nossos serviços e/ou equipamentos, a Exporlux - Iluminação, S/A declina qualquer responsabilidade quanto ao uso ou fim atribuído ao seu membro, ou qual seja a única e exclusiva responsabilidade do cliente.

Como resultado da constante evolução tecnológica e no sentido de disponibilizar para o mercado sempre as soluções mais avançadas, a Expertise - Iluminação, S/A reserva-se no direito de alterar os dados constantes deste documento sem aviso prévio.

[www.exp-orlux.pt](http://www.exp-orlux.pt)

2/2

Figura C.8: Ficha técnica da Exporlux Roadled 180

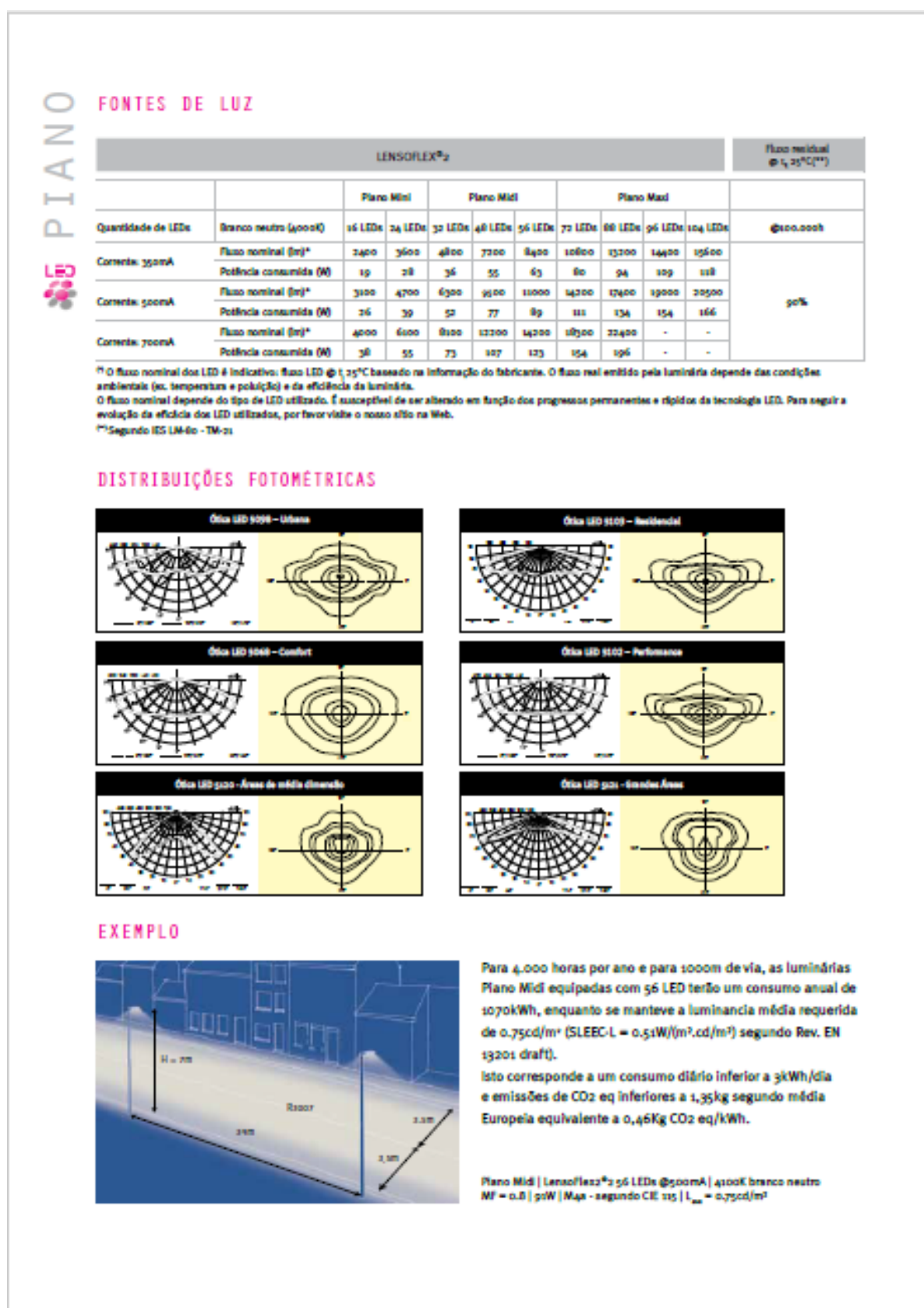


Figura C.9: Ficha técnica da Schröder Piano

## VERSÕES E OPÇÕES

			Mini	Midi	Maxi
ÓTICAS					
Lensesflex®2	Quantidade LEDs	16-24	●	×	×
		32-48-56	×	●	×
		72-88-96-104	×	×	●
	Distribuições fotométricas	4 tipos	●	●	●
		Branco neutro	●	●	●
	OCT LED	Branco quente	○	○	○
	Branco frio	○	○	○	
FutureProof	LEDSafe®	●	●	●	
	Junta estanque	○	×	×	
Difusor	Vidro	Extra-claro	●	●	●
Placa embelezadora			●	●	●
ELÉTRICA					
Gama de potência	Corrente de alimentação	350mA	○	○	○
		500mA	●	●	●
		700mA	○	○	○
Fluxo luminoso constante		○	○	○	
Dimming/Telegestão	1-10V	○	○	○	
	Bi-potência	50%	○	○	○
	Personalizado	À medida	○	○	○
	Célula fotoelétrica		○	○	○
	Telegestão OWLET	LuCo	○	○	○
Classe elétrica	Classe II	●	●	●	
	Classe I	○	○	○	
Proteção contra descargas atmosféricas	10kV	●	●	●	
MECÂNICA					
Montagem lateral	Ø 48 - 60mm a 0°	2 parafusos M8	○	○	○
Montagem vertical	Ø 60mm a 5°	2 parafusos M8	○	○	○
	Ø 76mm a 5°	2 parafusos M8	○	○	○
Braço para regulação da inclinação	Ø 48 - 60mm 0° - 90°	2 parafusos M8	○	○	○
OUTRAS					
Placa acessória			●	●	●
Pré-cablagem		Comprimento à medida	○	○	○
Cor	Black	AXZO 200	●	●	●
	Todas as cores RAL e AXZO		○	○	○
● incluído ○ opção × não disponível					

Figura C.10: Ficha técnica da Schröder Piano

TECEO  
L60

PACKS E OPÇÕES

			Economia	Performance	Premium
ÓPTICAS					
LensesPlus®2	No. LEDs	Teceo 1: 16-24 / ~ 40	●	●	●
		Teceo 2: 36-64 / ~ 144	●	●	●
	Distribuição isotrópica	19	●	●	●
	CCT LED	Branco neutro (4000K)	●	●	●
		Branco quente (3000K)	○	○	○
		Branco frio (5000K)	○	○	○
FutureProof			●	●	●
Modelo LE DSqV®			X	X	●
Diffusor	Vidro	Extra-claro	●	●	●
		Auto-limpável	X	○	○
Emoldura em betão/vidro			X	○	●
Sistema Back Light Control			X	○	○

ELÉTRICA					
Gama de potência	Intensidade de corrente	350mA	●	○	○
		500mA	X	●	●
		700mA	X	○	○
Fluxo luminoso constante			X	○	○
Dimming/Telegestão	1-10V	SI-Potência	X	○	○
		Personalizado	X	○	○
		ResolHub - Sensor movimento (PIR)	X	○	○
		Telegestão ON/OFF	X	○	○
		LoCo	X	○	○
Classe elétrica	Classe II		●	●	●
		Classe I	○	○	○
Proteção contra sobre-tensão			●	●	●
Corte de corrente automático			○	○	○
Solar			X	○	○

MECÂNICA					
Montagem universal	ø 42-60mm	2 parafusos M6	●	●	●
		+ peça em inox	X	○	●
	ø 76mm	2 parafusos M6	●	●	●
		+ peça em inox	X	○	●

OUTRAS					
Risco acessórias			X	○	○
Pré-cablagem			○	○	○
Cor	Cinzento claro	AQTO 150	●	●	●
		Qualquer RAL ou AQTO	○	○	○

● Incluído  
○ opcional  
X não disponível

Figura C.11: Ficha técnica da Schröder Teceo

TECEO  
LEO

PACKS E OPÇÕES

			Economia	Performance	Premium
ÓPTICAS	LensesFlex <sup>®</sup>	No. LEDs	Tecno 1: 16-24 ~ 400	●	●
	CCT LED		Tecno 2: 36-48 ~ 544	●	●
	Distribuição isotrópica	19	●	●	●
	Branco neutro (4000K)	●	●	●	●
	Branco quente (3000K)	○	○	○	○
	Branco frio (5000K)	○	○	○	○
FutureProof	●	●	●	●	●
Módulo i2 OSage <sup>®</sup>	Pré-instalado	X	X	●	●
Difusor	Vidro	Espejo claro	●	●	●
	Anti-impacto	X	○	○	○
Emoldura embutida	X	○	○	●	●
Sistema Back Light Control	X	○	○	○	○
ELÉTRICA	Gama de potência	Intensidade de corrente	330mA	●	○
	500mA	X	●	●	●
	700mA	X	○	○	○
Fluxo luminoso constante	X	○	○	○	○
	1-10V	X	○	○	○
	0-10Vdc	X	○	○	○
	Perceção de luz	X	○	○	○
	Perceção de movimento (PIR)	X	○	○	○
	Telegestão ON/OFF	X	○	○	○
	LoCo	X	○	○	○
	Classe II	●	●	●	●
	Classe I	○	○	○	○
Proteção contra sobre tensão	10V	●	●	●	●
Corrente de corrente automática	Ajuste de tempo	○	○	○	○
Solar	12/24V	X	○	○	○
MECÂNICA	Ø 42-60mm	2 parafusos M6	●	●	●
	+ peça em inox	X	○	●	●
	Ø 76mm	2 parafusos M6	●	●	●
	+ peça em inox	X	○	○	○
OUTRAS	Placa acessórias	X	○	○	○
	Pré-cablagem	comprimento à medida	○	○	○
	Cinza claro	ALQD 150	●	●	●
	Qualquer RAL ou ALQD	○	○	○	○

● Incluído

○ opcional

X não disponível

● incluído  
○ opcional  
X não disponível

Figura C.12: Ficha técnica da Schröder Teceo

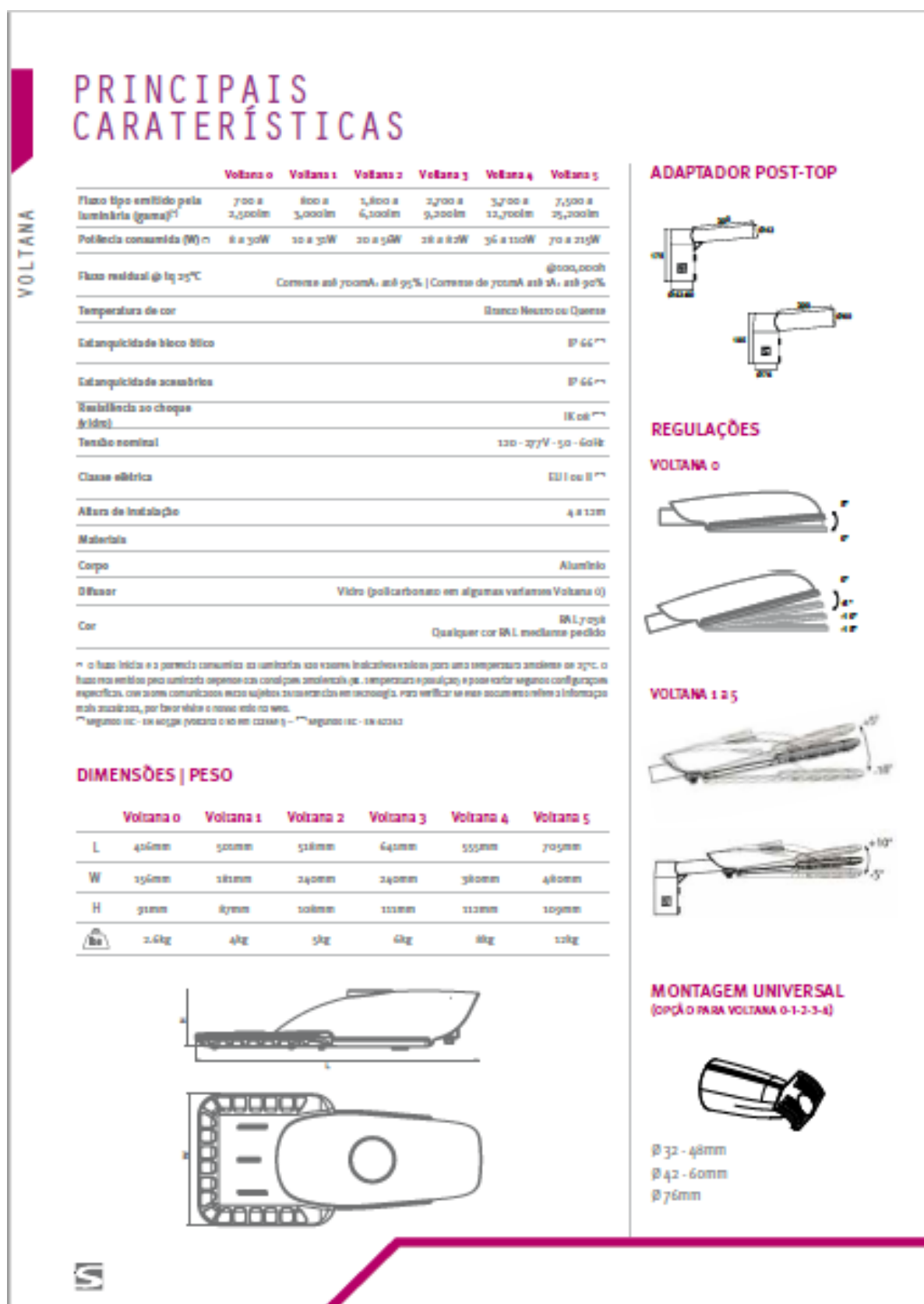


Figura C.13: Ficha técnica da Schröder Voltana

## **Anexo D**

# **Cálculo do Tempo de Retorno do Investimento nas Luminárias LED para o Nó de Alfena**

Consumos com as luminárias atuais (KWh):											
Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2.180,8500	1805,65	1817,375	1407	1363,031	1055,25	1090,425	1272,1625	1582,875	1999,1125	2374,3125	2453,4563
Preço mensal com as luminárias atuais (€):											
Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
172,75603	143,03456	143,96336	111,4555	107,9725	83,59163	86,37802	100,77435	125,38744	158,3597	188,08116	194,35054
Consumos com as luminárias Voltana 5 (KWh):											
Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
889,7868	736,7052	741,489	574,056	556,1168	430,542	444,8934	519,0423	645,813	815,6379	968,7195	1001,0102
Preço mensal com as luminárias Voltana 5 (€):											
Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
70,484461	58,358102	58,737051	45,47385	44,05279	34,10538	35,24223	41,115936	51,158077	64,610756	76,737115	79,295019
Poupança num ano (€):											
				Investimento (€):				Tempo de retorno do investimento:			
956,73405				23897,02				24,97771			
Potência (kW)											
											0,175
Total (€):											
											1616,105
Potência (kW)											
											0,0714
Total (€)											
											659,3708



## **Anexo E**

# **Sistema Fotovoltaico**

## E.1 Ficha Técnica do Painel Fotovoltaico

### ESPECIFICAÇÕES ELÉTRICAS

Potência Nominal (Wp)	Pico	250	255	260	265
Tolerância Potência Positiva		0 → +5W			
Corrente em MPP (A)	I <sub>mp</sub>	8,32	8,42	8,52	8,59
Tensão MPP (V)	V <sub>mp/L<sub>imp</sub></sub>	30,0	30,2	30,5	30,8
Tensão de Circuito Aberto (V)	V <sub>oc/L<sub>voc</sub></sub>	37,3	37,6	37,8	38,1
Corrente de Circuito Aberto (A)	I <sub>sc</sub>	8,91	8,99	9,06	9,16
Eficiência do Módulo	η (%)	15,4	15,7	16,0	16,3
Tensão Máxima do Sistema (V)	V <sub>max</sub>	IEC-1000 / UL-1000			
Valor Máximo de Fuste de String (A)	I	15			
Temperatura do módulo permitida em serviço contínuo		-40°C até +85°C			
NOCT (°C)		46±2			
Coeficientes de Temperatura:					
Potência	γ (P <sub>max</sub> )	-0,43%/°C			
Tensão	β (V <sub>oc</sub> )	-0,27%/°C			
Corrente	α (I <sub>sc</sub> )	+0,00%/°C			

\* Valores em Condições de Teste Padrão STC, massa de ar AM 1,5, irradiância 1000 W/m² e temperatura da célula por 25°C.

### ESPECIFICAÇÕES MECÂNICAS

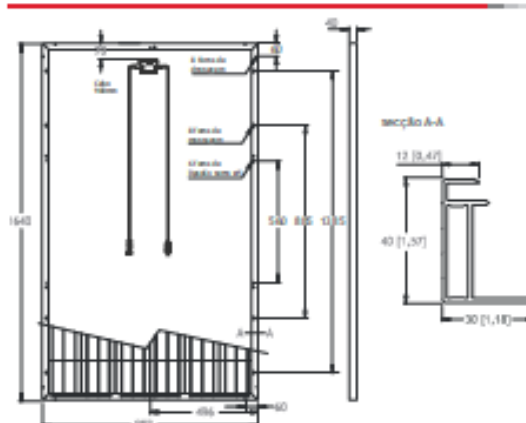
Dimensões	1640 x 992 x 40 mm / 64,57" x 39,06" x 1,57"
Peso	18,5 kg / 40,7 lb
Células Solares	Policristalinas de 6 polegadas (156 x 156 mm)
Condição Células	60 células (6 x 10)
Vidro	Transparente e temperado com 3,2 mm de espessura (0,13")
Moldura	Liga de alumínio anodizado
Células	3 diodos
Cabo de Junção	IP-65 ou IP-67
Cabo	Comprimento 900mm* diâmetro 4 mm² cada
Conectores	Compatível com MC4

\* Cabo de 1200mm: tempo de entrega pendente de confirmação.

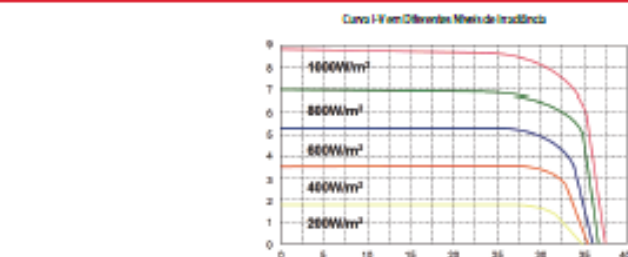
### EMBALAGEM

Módulos por paleta	26 módulos
Paletes por container	28 paletes
Módulos por container	728 módulos

### DIMENSÕES Todos os valores estão em mm



### CURVAS I-V



ATENÇÃO: Ler as instruções de segurança e de instalação antes de utilizar o produto. Disponível em: [WWW.MPRIME.COM](http://WWW.MPRIME.COM)

NOTA: As especificações incluídas neste documento estão sujeitas a alterações sem aviso prévio por parte da empresa.

Em caso de condições/problemas que possam surgir devido a erros de interpretação, as condições que prevalecerão são as descritas no original (inglês).

7780-102-002/0001/121004

**Mprime**  
by MPRIME SOLAR



MPRIME SOLAR SOLUTIONS, S.L. ZONA INDUSTRIAL, APARTADO 17 / 3694-001 OLIVEIRA DE FRADES, PORTUGAL  
TEL. +351 232 811 381 FAX. +352 232 767 750 [INFO.PT@MPRIME.COM](mailto:INFO.PT@MPRIME.COM) [WWW.MPRIME.COM](http://WWW.MPRIME.COM)

Figura E.1: Ficha Técnica do Painel Fotovoltaico

## E.2 Ficha Técnica do Inversor

Sunny Tripower 10000TL	Sunny Tripower 12000TL <sup>1</sup>	
10250 W	12275 W	
1000 V	1000 V	
370 V ... 800 V / 580 V	440 V ... 800 V / 580 V	
150 V / 188 V	150 V / 188 V	
18 A / 10 A	18 A / 10 A	
18 A / 10 A	18 A / 10 A	
2 / A;2; B;2	2 / A;2; B;2	
10000 W	12000 W	
10000 VA	12000 VA	
3 / N / PE; 220 / 380 V	3 / N / PE; 220 / 380 V	
3 / N / PE; 230 / 400 V	3 / N / PE; 230 / 400 V	
3 / N / PE; 240 / 415 V	3 / N / PE; 240 / 415 V	
160 V ... 280 V	160 V ... 280 V	
50 Hz, 60 Hz / -5 Hz ... +5 Hz	50 Hz, 60 Hz / -5 Hz ... +5 Hz	
50 Hz / 230 V	50 Hz / 230 V	
14.5 A	17.4 A	
1	1	
0.8 overexcited ... 0.8 underexcited	0.8 overexcited ... 0.8 underexcited	
3 / 3	3 / 3	
98 % / 97.6 %	98.3 % / 97.9 %	
• • / • • / • / - • I / II	• • / • • / • / - • I / II	
470 / 730 / 240 mm (18.5 / 28.7 / 9.5 inches)	470 / 730 / 240 mm (18.5 / 28.7 / 9.5 inch)	
37 kg (81.6 lb)	38 kg / 84 lbs	
-25°C ... +60 °C (-13 °F ... +140 °F)	-25°C ... +60 °C (-13 °F ... +140 °F)	
40 dB(A)	40 dB(A)	
1 W	1 W	
Transformerless / Opticool	Transformerless / Opticool	
IP65	IP65	
4K4H	4K4H	
100 %	100 %	
SUNCLIX / spring-cage terminal	SUNCLIX / spring-cage terminal	
Graphic ○ / ● / ● ● / ○ ● / ○ / ○ / ○ / ○ / ○	Graphic ○ / ● / ● ● / ○ ● / ○ / ○ / ○ / ○ / ○	
AS 4777 <sup>4</sup> , CE, CB 0-21 <sup>5</sup> , C10/11:2012, DIN EN 62109-1, EN 50438 <sup>1</sup> , G59/3, GB3/2, IEC 61727/MEA <sup>2</sup> , IEC 61727/REA <sup>3</sup> , IEC 62109-2, NEN EN 50438, NRS 097:2-1, PPC, PFDS, RD 661/2007, RD 1699:2011, SI 4777 <sup>4</sup> , UTE C15-712-1, VDE0126-1-1, VDE AR-N 4105, VFR 2013, VFR 2014		
STP 10000TL-20	STP 12000TL-20	

Figura E.2: Ficha Técnica do Inversor [6]

### E.3 Ficha Técnica do Fusível

Ficha técnica de produto  
LF315PV




Imagem não contratual.  
Imagem apresentada: LF302G

Fusível Fotovoltaico 10x38 1000V DC 15A

Propriedades técnicas	
Característica do fusível	gPV
Intensidade nominal	15 A
Poder de corte estipulado	50 kA
Tensão estipulada de utilização em DC	1000 V
Temperatura de funcionamento	-25 a 70 °C

1

Características técnicas sujeitas a modificação sem aviso prévio


Figura E.3: Ficha Técnica do Fusível

E.4    Ficha Técnica do Corta-Circuitos Porta Fusíveis

Ficha técnica de produto

L501PV

:hager



Corta-Circuitos p. Fusíveis 1P 1000VDC

L501PV

Propriedades técnicas	
Intensidade nominal	32 A
Corrente estipulada nominal do fusível	2/4/6/8/10/12/16/20/25/32 A
Tensão alternada estipulada de utilização	690/1000 V
Tensão estipulada de utilização em DC	1000 V
Nº de módulos	1
Nº de pólos	1 P
Frequência de funcionamento	50 Hz
Característica do fusível	gPV
Secção de ligação em cabo flexível	10mm²
Secção de ligação em cabo rígido	16 mm²
Temperatura de funcionamento	-25 a 50 °C


1


Características técnicas sujeitas a modificação sem aviso prévio

Figura E.4: Ficha Técnica do Corta-Circuitos Porta Fusíveis

E.5 Ficha Técnica do Interruptor DC

Ficha técnica de produto  
SB432PV





SB432PV

Interruptor 4P 32A 1000V DC

Propriedades técnicas	
Intensidade nominal	32 A
Nº de pólos	4 P
Nº de módulos	3,5
Tensão estipulada de utilização em DC	1000 V
Temperatura de funcionamento	-40 a 65 °C


1

Características técnicas sujeitas a modificação sem aviso prévio

Figura E.5: Ficha Técnica do Interruptor DC

E.6    Ficha Técnica do Interruptor Ompipolar Geral

Ficha técnica de produto  
HAC406



Inter. corte aparente 4P 63A 4M

Propriedades técnicas	
Nº de pólos	4 P
Intensidade nominal	63 A
Tensão alternada estipulada de utilização	380/415 V
Tensão estipulada de isolamento	800 V
Nº de módulos	4
Secção de ligação em cabo rígido	35 mm²

1

Considerações técnicas sujeitas a modificação sem aviso prévio

Figura E.6: Ficha Técnica do Interruptor Ompipolar Geral

## E.7 Ficha Técnica do Disjuntor AC

Ficha técnica de produto	
NKN450	
:hager	
Disjuntor 4P 50A C 10/15kA 4M	
Propriedades técnicas	
Intensidade nominal	50 A
Poder de corte estipulado	10 kA
Curva	C
Tensão alternada estipulada de utilização	230/400 V
Frequência de funcionamento	50/60 Hz
Poder de corte de serviço conforme EN60898	7,5 kA
Nº de módulos	4
Nº de pólos	4 P
Temperatura de funcionamento	-25 a 60 °C
1	Características técnicas sujeitas a modificação sem aviso prévio

Figura E.7: Ficha Técnica do Disjuntor AC



## E.8 Ficha Técnica do Interruptor Diferencial AC

Ficha técnica de produto  
CDC463A

:hager

Inter. dif. 4P 63A 30 mA tipo AC 4M

Propriedades técnicas	
Nº de pólos	4 P
Tipo de proteção diferencial	AC
Sensibilidade diferencial	30 mA
Intensidade nominal	63 A
Frequência de funcionamento	50 Hz
Tensão alternada estipulada de utilização	230/400 V
Nº de módulos	4
Secção de ligação em cabo flexível	16mm <sup>2</sup>
Secção de ligação em cabo rígido	25 mm <sup>2</sup>
Temperatura de funcionamento	-5 a 40 °C

1

Características técnicas sujeitas a modificação sem aviso prévio

Figura E.8: Ficha Técnica do Disjuntor AC

## E.9 Preços dos Cabos

**Fausto & Almeida, S.A.**

Contribuinte 500 110 158  
Rua do Almada, 334 4050-033 Porto  
Tel: 223008854 - Fax: 223008857  
geral@faustoalmeida.pt

### Proposta de Venda

Nº: 17010401681  
DATA: 19. junho 2017  
Página: 1

REQUISIÇÃO Nº:  
COND.PAGAMENTO 90 Dias

Vendedor 99

MANVIA-MANUTENÇÃO E EXPLORAÇÃO DE  
INSTALAÇÕES E CONSTRUÇÃO, S.A.  
R. Mário Dionísio, nº2  
2799-557 LINDA A VELHA  
LISBOA  
Portugal

MOEDA: EUR CLIENTE Nº: 00110 Nº Contribuinte 503171565

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	QUANT.	UN	PREÇO	DESCT.	VALOR	IVA
1BZZF4PT00	BOB. SOLAR ZZ-F 0,6/1 1x4mm PT	1	MT	0,68000		0,68	23
1BZZF6PT00	BOB. SOLAR ZZ-F 0,6/1 1x6mm PT	1	MT	0,92000		0,92	23
1B204600PT	BOB. VV/XV 4 x 6 S/TERRA PT	1	MT	1,88000		1,88	23
1B204100PT	BOB. VV/XV 4 x 10 S/TERRA PT	1	MT	3,39000		3,39	23
1B204160PT	BOB. VV/XV 4 x 16 S/TERRA PT	1	MT	5,19000		5,19	23
1B237035PT	BOB. VV/XV 3 x 70 + 35 PT	1	MT	18,09000		18,09	23
1B242600PT	BOB. VV/XV 4 x 25 PT	1	MT	8,24000		8,24	23
1B80416000	BOB. LXV 4 x 16	1	MT	1,15000		1,15	23
1B83251600	BOB. LXV 3 x 25 + 16	1	MT	1,74000		1,74	23
1B83351600	BOB. LXV 3 x 35 + 16	1	MT	2,16000		2,16	23
1B83955000	BOB. LXV 3 x 95 + 50	1	MT	4,72000		4,72	23
1L70041600	BOB. LSVAV 4 x 16	1	MT	1,64000		1,64	23
1B63251600	BOB. LVAV 3 x 25 + 16	1	MT	2,18000		2,18	23
1B63120700	BOB. LVAV 3 x 120 + 70	1	MT	6,92000		6,92	23

Os preços apresentados são unitários, líquidos sem IVA e têm validade de 3 dias.

BOBINES: DÉBITO E CRÉDITO DAS  
BOBINES DE ACORDO COM AS  
CONDIÇÕES DA TABELA EM VIGOR.  
BOBINES A DEFINIR PELO FABRICANTE

Prazo de entrega: A combinar.

VALOR INCIDENTE	TAXA IVA	VALOR IVA	TOTAL ILÍQUIDO:	58,90
58,90	23	13,55	DESCONTO:	
			TOTAL IVA:	13,55
			VALOR TOTAL:	72,45

Fausto & Almeida, S.A.  
Rua do Almada, 334  
4050-033 PORTO  
NIPC: 500110158  
PORTUGAL

Processado por Computador

Utilizador:FA\_JOSEMANUEL

Figura E.9: Preços dos Cabos

# Referências

- [1] População mundial vai crescer 53% e chegar a 11,2 bilhões em 2100, diz relatório da onu. Disponível em <https://oglobo.globo.com/sociedade/sustentabilidade/populacao-mundial-vai-crescer-53-chegar-112-bilhoes-em-2100-diz-relatorio-d> acessado a última vez a 12 de junho de 2017.
- [2] Evolução do consumo de energia, entre 2000 e 2010, por fonte de energia. Disponível em <http://www.scielo.mec.pt/img/revistas/spp/n72/n72a07f1.jpg>, acessado a última vez a 8 de junho de 2017.
- [3] Consumos de energia por setor (%). Disponível em <http://www.dgeg.pt/upload/membro.id/imagens/i007727.JPG>, acessado a última vez a 12 de junho de 2017.
- [4] Sunny design. Disponível em <https://www.sunnydesignweb.com/sdweb/#/CableSizing/807df40d-f876-42d1-baf7-b7141860c317>, acessado a última vez a 01 de junho de 2017.
- [5] Rtiebt.
- [6] Sunny tripower 5000tl – 12000ttl. Disponível em <http://files.sma.de/dl/17781/STP12000TL-DEN1433W.pdf>, acessado a última vez a 01 de junho de 2017.
- [7] Emmanuel Loureiro Garrido. Concepção e certificação de nova geração de candeeiros de iluminação pública. Disponível em [http://paginas.fe.up.pt/~ee03096/index\\_ficheiros/Page704.htm](http://paginas.fe.up.pt/~ee03096/index_ficheiros/Page704.htm), acessado a última vez a 14 de março de 2017.
- [8] Iluminação online. Disponível em <http://iluminacao.awardspace.com/lampadas/vsap.html>, acessado a última vez a 14 de março de 2017.
- [9] Iluminação online. Disponível em <http://iluminacao.awardspace.com/lampadas/vsbp.html>, acessado a última vez a 14 de março de 2017.
- [10] Emmanuel Loureiro Garrido. Concepção e certificação de nova geração de candeeiros de iluminação pública. Disponível em [http://paginas.fe.up.pt/~ee03096/index\\_ficheiros/Page1196.htm](http://paginas.fe.up.pt/~ee03096/index_ficheiros/Page1196.htm), acessado a última vez a 15 de março de 2017.
- [11] Planos tarifários. Disponível em <http://www.hen.pt/pt/planos-tarif%C3%Alrios>, acessado a última vez a 23 de março de 2017.
- [12] Planos tarifários. Disponível em [http://www.galpennergia.com/PT/ProdutosServicos/Eletricidade-Gas-Natural-Livre/Industria/Documents/Informa%C3%A7%C3%A3o%20a%20enviar%20Cliente%20artigos%20222%20e%20233%20do%20RRC\\_2016.pdf](http://www.galpennergia.com/PT/ProdutosServicos/Eletricidade-Gas-Natural-Livre/Industria/Documents/Informa%C3%A7%C3%A3o%20a%20enviar%20Cliente%20artigos%20222%20e%20233%20do%20RRC_2016.pdf), acessado a última vez a 23 de março de 2017.

- [13] Tarifas baixa tensão normal acima de 20,7kva. Disponível em <http://www.edpsu.pt/pt/negocios/tarifasehorarios/tarifasBTN/Pages/TarifasBTNacimade20,7kVA.aspx>, acessido a última vez a 23 de março de 2017.
- [14] Tarifa de média tensão. Disponível em <http://www.edpsu.pt/pt/empresas/tarifasehorarios/Pages/TarifaMT.aspx>, acessido a última vez a 23 de março de 2017.
- [15] Preços. Disponível em <http://www.gasnaturalfenosa.pt/pt/negocio/contratacao+e+precos/1297262483079/precos.html>, acessido a última vez a 23 de março de 2017.
- [16] Plano básico. Disponível em <https://www.iberdrola.pt/02sicb/corporativa/iberdrola/negocios-empresas/electricidade/plano-basico/tarifas>, acessido a última vez a 09 de abril de 2017.
- [17] W. Adrian e R. Jobanputra. Influence of pavement reflectance on lighting for parking lots. Disponível em [http://www.greenconcrete.info/downloads/8\\_InfluencePavementReflectanceLightingParkingLotsSN2458.pdf](http://www.greenconcrete.info/downloads/8_InfluencePavementReflectanceLightingParkingLotsSN2458.pdf), acessido a última vez a 12 de abril de 2017.
- [18] Master son-t pia plus 250w e e40 1sl/12. Disponível em [http://www.lighting.philips.pt/prof/lampadas-profissionais/lampadas-de-descarga-de-alta-intensidade/son-sodio-de-alta-pressao/master-son-t-pia-plus/928144709230\\_EU/product](http://www.lighting.philips.pt/prof/lampadas-profissionais/lampadas-de-descarga-de-alta-intensidade/son-sodio-de-alta-pressao/master-son-t-pia-plus/928144709230_EU/product), acessido a última vez a 13 de abril de 2017.
- [19] Ficha técnica xeo lum. Disponível em [http://www.orbis.es/doc/ficha\\_tecnica\\_xeo\\_lum](http://www.orbis.es/doc/ficha_tecnica_xeo_lum), acessido a última vez a 18 de abril de 2017.
- [20] Manual de iluminação pública. Disponível em <http://www.edpdistribuicao.pt/pt/profissionais/EDP%20Documents/Manual%20Ilumina%C3%A7%C3%A3o%20P%C3%BAblica.pdf>, acessido a última vez a 16 de março de 2017.
- [21] Piano. Disponível em <http://www.schreder.com/pt-PT/produtos/piano-range/>, acessido a última vez a 08 de junho de 2017.
- [22] Teceo. Disponível em <http://www.schreder.com/pt-PT/produtos/teceo/>, acessido a última vez a 08 de junho de 2017.
- [23] Voltana. Disponível em <http://www.schreder.com/pt-PT/produtos/voltana/>, acessido a última vez a 08 de junho de 2017.
- [24] Ficha técnica roadled 90. Disponível em [http://soneres.com.br/produtos\\_pdf/ROADLED090\\_DS\\_PT\\_SONERES.pdf](http://soneres.com.br/produtos_pdf/ROADLED090_DS_PT_SONERES.pdf), acessido a última vez a 23 de abril de 2017.
- [25] Onu projeta que população mundial chegue aos 8,5 mil milhões em 2030. Disponível em <http://www.unric.org/pt/actualidade/31919-onu-projeta-que-populacao-mundial-cheque-aos-85-mil-milhoes-em-2030>, acessido a última vez a 8 de junho de 2017.
- [26] Pacote clima-energia: "três vintes"até 2020. Disponível em <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+IM-PRESS+20081208BKG44004+0+DOC+XML+V0//PT>, acessido a última vez a 8 de junho de 2017.

- [27] Dgeg - direção geral de energia e geologia. Disponível em <http://www.dgeg.pt/>, acessado a última vez a 8 de junho de 2017.
- [28] Acordo de paris. Disponível em <https://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=81&sub2ref=1367>, acessado a última vez a 12 de junho de 2017.
- [29] Eficiência energética. Disponível em <http://www.adene.pt/eficiencia-energetica>, acessado a última vez a 12 de junho de 2017.
- [30] Disponível em <http://www.portal-eficienciaenergetica.com.pt/conceitos.html>, acessado a última vez a 12 de junho de 2017.
- [31] Iluminação pública. Disponível em <http://www.adene.pt/iluminacao-publica>, acessado a última vez a 12 de junho de 2017.
- [32] Leiviane Ferreira Márcio Oliveira Isaías Júnior, Jaílson Silva. Luminotécnica, 2012. Disponível em <https://www.slideshare.net/robertobrazil/luminotcnica>, acessado a última vez a 13 de março de 2017.
- [33] Fontes luminosas. Disponível em [http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/L%e2mpadas/Fontes\\_Lumin.pdf](http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/L%e2mpadas/Fontes_Lumin.pdf), acessado a última vez a 13 de março de 2017.
- [34] Lucínio Preza de Araújo. A iluminação com o led. Disponível em [www.prof2000.pt/users/lpa/A%20ilumina%20ao%20com%20o%20led.ppt](http://www.prof2000.pt/users/lpa/A%20ilumina%20ao%20com%20o%20led.ppt), acessado a última vez a 15 de março de 2017.
- [35] Arminio de Almeida Teixeira. Disponível em [http://www.altercexa.eu/images/archivos/EFIC\\_ENERGET\\_INST\\_ILUM.pdf](http://www.altercexa.eu/images/archivos/EFIC_ENERGET_INST_ILUM.pdf), acessado a última vez a 15 de março de 2017.
- [36] Energia solar residencial: tipos de sistema de energia, vantagens e como fazer acontecer. Disponível em <http://www.ecycle.com.br/component/content/article/69-energia/3336-energia-solar-residencial-como-funciona-fazer-origem-termica-captacao.html>, acessado a última vez a 26 de maio de 2017.
- [37] Kit energia solar: Conheça todos os componentes do sistema solar fotovoltaico. Disponível em <http://www.ecycle.com.br/component/content/article/69-energia/3424-componentes-sistema-fotovoltaico-painel-solar-estrutura-suporte-inverso.html>, acessado a última vez a 26 de maio de 2017.
- [38] A liberalização. Disponível em <http://www.edpdistribuicao.pt/pt/mudancaComercializador/mercadoElectrico/Pages/aLiberalizacao.aspx>, acessado a última vez a 21 de março de 2017.
- [39] A regulação. Disponível em <http://www.edpdistribuicao.pt/pt/mudancaComercializador/mercadoElectrico/Pages/aRegulacao.aspx>, acessado a última vez a 21 de março de 2017.
- [40] Map coordinates. Disponível em <http://www.mapcoordinates.net/pt>, acessado a última vez a 29 de maio de 2017.

- [41] Google maps. Disponível em <https://www.google.pt/maps/place/Vila+Flor/@41.3008928,-7.1581144,467m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0xd3b742365a773ab:0x62fe6937a8bf5a71!8m2!3d41.3083369!4d-7.1536516>, acedido a última vez a 29 de maio de 2017.
- [42] Pvgis. Disponível em <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>, acedido a última vez a 29 de maio de 2017.
- [43] Sma, sÉrie sunny tripower tl-20. Disponível em <http://www.ffsolar.com/index.php?lang=PT&page=produtos&content=model&field=&category=13&family=206>, acedido a última vez a 01 de junho de 2017.
- [44] Sunny tripower 12000tl. Disponível em <http://www.asunim.co/index.php/pt/pt-inversores/463/69/sma2013-04-08-11-06-12/sunny-tripower-12000tl-detail>, acedido a última vez a 01 de junho de 2017.
- [45] Fusível fotovoltaico 10x38 1000v dc 15a. Disponível em [https://www.hager.pt/produtos-e-catalogue/distribuicao-de-energia/proteccao/fusiveis-cilindricos-am-gg-e-pv/pv/1f315pv/13283.htm?utm\\_source=print](https://www.hager.pt/produtos-e-catalogue/distribuicao-de-energia/proteccao/fusiveis-cilindricos-am-gg-e-pv/pv/1f315pv/13283.htm?utm_source=print), acedido a última vez a 02 de junho de 2017.
- [46] Corta-circuitos p. fusíveis 1p 1000vdc. Disponível em <http://www.hager.pt/produtos-e-catalogue/distribuicao-de-energia/proteccao/corta-circuitos-porta-fusiveis/pv-10x38mm/1501pv/18429.htm>, acedido a última vez a 02 de junho de 2017.
- [47] Interruptor 4p 32a 1000v dc. Disponível em <http://www.hager.pt/produtos-e-catalogue/distribuicao-de-energia/comando-e-sinalizacao/comando-e-sinalizacao/interruptor-dc/sb432pv/8487.htm>, acedido a última vez a 02 de junho de 2017.
- [48] Inter. corte aparente 4p 63a 4m. Disponível em <http://www.hager.pt/produtos-e-catalogue/distribuicao-de-energia/aparelhos-de-corte-geral/interruptores-modulares/interruptores-de-corte-aparente-ate-100a/hac406/18141.htm>, acedido a última vez a 05 de junho de 2017.
- [49] Manuel António Matos. Noções de dimensionamento de canalizações eléctricas. Disponível em <http://paginas.fe.up.pt/~mam/dimensionamento.pdf>, acedido a última vez a 05 de junho de 2017.
- [50] Disjuntor 4p 50a c 10/15ka 4m. Disponível em <http://www.hager.pt/produtos-e-catalogue/distribuicao-de-energia/proteccao/disjuntores-magnetotermicos/10-15-ka-tetrapolares/nkn450/13839.htm>, acedido a última vez a 05 de junho de 2017.
- [51] Inter. dif. 4p 63a 30 ma tipo ac 4m. Disponível em <http://www.hager.pt/produtos-e-catalogue/distribuicao-de-energia/proteccao/interruptores-diferenciais/gama-terciaria-tipo-ac/cdc463a/15285.htm>, acedido a última vez a 05 de junho de 2017.
- [52] upp - venda à rede. Disponível em <http://www.enat.pt/unidade-producao-venda-a-rede>, acedido a última vez a 19 de junho de 2017.